



UNIVERSITÀ DI PARMA

Dipartimento di Scienze Medico Veterinarie

Corso di Laurea Magistrale in

Produzioni Animali Innovative e Sostenibili

Impatto della zootecnia di precisione sulla gestione degli allevamenti di bovini da latte

Impact of precision livestock farming on the management of dairy cattle farms

Relatore:

Prof. Massimo Malacarne

Correlatori:

Dott. Pederzani Daniele

Dott. Pittella Maicol

Laureanda:

Sara Perrella

Anno Accademico 2022-2023

INDICE

ABSTRACT	1
INTRODUZIONE	2
SCOPO	6
1 MUNGITURA ROBOTIZZATA.....	7
1.1 Mungitura nel Consorzio del Parmigiano Reggiano DOP e progetto TICAS.....	8
1.2 Caratteristiche strutturali del robot di mungitura	9
1.3 L' idoneità degli animali all' AMS	11
1.4 Il <i>cow traffic</i>	12
1.5 Funzionamento del sistema di mungitura automatico	13
1.6 AMS e benessere animale.....	15
2 ALIMENTAZIONE ROBOTIZZATA.....	16
2.1 Progetto AUTOFEED.....	18
2.2 La tecnica unifeed.....	19
2.2.1 Unifeed e Parmigiano Reggiano DOP.....	20
2.3 Tipologie di sistemi automatici di alimentazione	21
2.3.1 Cucina.....	23
2.3.2 Sistemi di distribuzione	23
2.4 Benefici apportati dall' utilizzo di AFS.....	25
2.4.1 AFS e benessere animale	26
3 MATERIALI E METODI.....	27
3.1 Descrizione aziende.....	27
3.1.1 Società Agricola Negri s.s.	27
3.1.2 Società Agricola Benassi s.s.	32
3.2 Questionario	36
3.3 Rilievo dati aziendali	37
3.4 Analisi effettuate.....	37
4 RISULTATI E DISCUSSIONE	39
4.1 Questionario	39
4.2 Azienda Negri.....	44
4.3 Azienda Benassi.....	54
5 CONCLUSIONI.....	60
BIBLIOGRAFIA	62
SITOGRAFIA	66

ABSTRACT

Precision Livestock Farming (PLF) allows the monitoring of individual animals in real time using technologies that have the aim of improving the farms management and the performance of the single animals raised.

Particularly, the introduction of the automatic systems in dairy cattle farms is increasing and the major current innovations in this kind of livestock farms are the automatic milking systems (AMS), the automatic feeding systems (AFS) and the automatic feed pusher systems.

The purpose of this thesis is to carry out an analysis of the impact of some examples of PLF systems located in two dairy cattle farms situated in the province of Parma (Italy) and the main reasons that led farmers to rely on these new technologies of AMS and AFS were examined.

A questionnaire was administered to the farmers of the two livestock farms in order to highlight the main changes implemented for the installation of the automatic systems and a quantitative analysis of the fat, protein and somatic cells content of bulk milk was carried out, through the evaluation of data obtained from milk analyses carried out by the supplied dairies and from the functional checks collected from the Regional Farmers Association (Associazione Regionale Allevatori - A.R.A.) of the Emilia-Romagna.

From this study, after the installation of automatic systems, although in short time terms, positive effects on management, production and animal welfare were noted and the farmers are satisfied with the choice they made.

INTRODUZIONE

Negli allevamenti di grandi dimensioni, l'osservazione visiva dei singoli animali da parte dell'allevatore è praticamente inattuabile in quanto il numero elevato di capi rende questo lavoro di monitoraggio diretto sempre più impossibile. Si può venire a creare, quindi, una situazione che rende difficile la corretta gestione degli animali, con il rischio di avere una ripercussione sulla produttività, la redditività ed il benessere della mandria.

In quest'ottica, l'uso delle tecnologie digitali in agricoltura può portare diversi vantaggi¹:

- Aumento delle prestazioni economiche e ambientali: La digitalizzazione può aiutare gli agricoltori a prendere decisioni migliori, ottimizzare le loro operazioni e aumentare la produttività, portando a maggiori profitti e ad un settore agricolo più sostenibile;
- Sostenibilità ambientale: L'uso delle tecnologie digitali può aiutare gli agricoltori a ridurre la loro impronta ambientale ottimizzando l'uso delle risorse, riducendo gli sprechi ed utilizzando tecniche di agricoltura di precisione;
- Competitività dell'industria dell'approvvigionamento digitale dell'UE: La digitalizzazione può aiutare il settore agricolo europeo a rimanere competitivo sul mercato globale, fornendo soluzioni innovative e creando nuove opportunità di business;
- Miglioramento delle condizioni di lavoro per gli agricoltori: Automatizzando i compiti ed ottimizzando le operazioni, le tecnologie digitali possono contribuire a ridurre il carico di lavoro fisico e mentale degli agricoltori, portando a migliori condizioni di lavoro;
- Maggiore trasparenza lungo la catena di approvvigionamento: La digitalizzazione può contribuire a migliorare la tracciabilità e la trasparenza dei prodotti agricoli, consentendo ai consumatori di fare scelte più informate.

In particolare, al fine di aumentare l'efficienza di monitoraggio degli animali, la zootecnia di precisione o, in inglese, *Precision Livestock Farming* (PLF) permette una gestione aziendale in tempo reale, attraverso l'utilizzo di sensori che sono in grado di misurare sia parametri ambientali (polveri, CO, CO₂, NO₂, O₃, CH₄, H₂S, NH₃, temperatura, umidità e radiazione), che biologici (frequenza di respirazione, temperatura corporea, posizione

¹ La digitalizzazione del settore agricolo europeo, Commissione Europea, UE, Aprile 2023

dell'animale, attività muscolare e cardiaca) inerenti a ciascun singolo componente della mandria (Pazzona et al., 2017).

In tabella 1 sono riportati alcuni esempi di applicazioni dei sistemi di zootecnia di precisione e la loro possibile frequenza di monitoraggio.

AREE DI APPLICAZIONE DELLA PLF	FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO
<i>Parametri biologici</i>	
Incremento ponderale giornaliero (IPG)	Giornaliero
Indice di conversione alimentare (ICA)	Giornaliero
Consumo mangimi (CM)	Orario
Indice di massa corporea	Giornaliero
Comportamento normale/nervoso	Giornaliero
Rilevamento calori	Orario
<i>Condizioni ambientali</i>	
Condizioni climatiche ambientali esterne e interne (locali, sale)	Orario
Temperatura e umidità del pavimento	Orario
Velocità e ricambio aria	Orario
Livello Gas, ad esempio CO ₂ e NH ₃	Orario
Livello polveri	Orario
<i>Tracciabilità e trasporto</i>	
Codice elettronico univoco	-
Condizioni ambientali di trasporto	Orario
Codice univoco per alimentazione e medicinali.	-

Tab. 1 - Sintesi delle possibili variabili ambientali e gestionali che potrebbero essere misurate, registrate e analizzate nella PLF [Pazzona et al., 2017]

Con il termine zootecnia di precisione si intende, quindi, l'utilizzo di tecnologie che consentono di misurare indicatori fisiologici, comportamentali, produttivi e riproduttivi dei singoli animali, con l'obiettivo di ottimizzare le strategie gestionali e le performance di ciascun capo allevato, in modo da ottenere risultati migliori.

Il potenziale di applicazione di queste tecnologie nelle aziende zootecniche si basa sulla possibilità di rilevare un numero elevato di informazioni che permette di gestire e controllare la mandria in maniera efficace non appena compaiono i primi segnali di benessere o salute compromessi. I segnali di allarme di riconoscimento tempestivo di un problema a carico di un soggetto permettono di prevedere con largo anticipo la situazione e di mitigare la gravità e la durata dei problemi clinici, migliorandone il risultato. Ciò si traduce direttamente in una riduzione nell'impiego di farmaci, un maggiore successo nel recupero dello stato di salute

del singolo animale, una riduzione dei suoi tempi di ripresa ed una minore quantità di produzione persa.

Nello studio di Tullo et al. (2019) si riportano alcune analisi nelle quali si dichiara che, a seconda della gravità della zoppia, ci possono essere incrementi nell'impatto ambientale di oltre il 7-9% per quanto riguarda riscaldamento globale, acidificazione, eutrofizzazione ed esaurimento dei combustibili fossili. Altri studi citati da Tullo et al. (2019) riportano che la riduzione delle mastiti cliniche (passando da un'incidenza del 25% al 18%) e subcliniche (da un'incidenza del 33% al 15%), può comportare una diminuzione del 2,5% del potenziale di riscaldamento globale e del 5,8% dell'esaurimento di risorse abiotiche. Quindi, risulta chiara l'importanza di azioni tempestive nella rilevazione e risoluzione di eventuali problemi.

I sistemi di PLF sviluppano modelli di previsione accurati, che sono in grado di inviare messaggi di allerta agli allevatori sulla base degli input animali ed ambientali registrati e, una volta identificate le informazioni necessarie, gli allevatori stessi possono attuare rapidamente azioni correttive.

Al giorno d'oggi, i sensori possono essere remoti e vengono collocati o su macchine o entro sistemi già presenti in azienda (es. per la rilevazione della produzione individuale di ciascuna bovina ad ogni mungitura) oppure possono essere indossati sull'animale (es. marcature sul collo, sulle zampe o sulle orecchie) o inseriti all'interno dell'animale stesso (es. boli) per monitorare in tempo reale le risposte legate allo stress, allo stato di salute ed al benessere del singolo soggetto.

I requisiti fondamentali che un sensore deve possedere per il suo impiego nei sistemi PLF sono: l'accuratezza, l'affidabilità, ma soprattutto la robustezza (rispetto ad altri ambiti è necessaria una maggiore resistenza all'acqua, al fango ed alla polvere) e, soprattutto, l'efficacia nella registrazione e trasmissione di dati.

Il sistema, grazie ad un algoritmo che combina l'insieme delle varie attività interessate, genera dei segnali di allerta e li invia (tramite sms oppure e-mail) ai vari dispositivi collegati (pc/smartphone/tablet), dove è possibile poi visualizzare i dati organizzati in grafici o report riassuntivi di facile comprensione che permettono di individuare le deviazioni anomale che richiedono l'intervento dell'operatore sull'animale.

Tuttavia, i dati ottenuti non hanno alcun significato a meno che non vengano trasformati in informazioni che possono essere utilizzate in un buon programma decisionale. Le tecnologie di monitoraggio di precisione del bestiame non sostituiranno mai l'intuizione e la gestione dei produttori, ma potrebbero migliorarla consentendo loro di prendere decisioni più consapevoli.

I migliori allevatori sono quelli in grado di trarre maggiori benefici dall'uso di queste tecnologie. Il valore dei dati aumenta quando questi vengono elaborati, arricchiti ed analizzati per creare approfondimenti da poter sfruttare. Le operazioni da attuare possono essere ulteriormente migliorate quando gli agricoltori condividono le informazioni raccolte lungo tutta la catena di produzione anche con le terze parti interessate, come veterinari, operatori dei macelli, trasformatori di carne e produttori di mangimi per animali (Halachmi et al., 2019).

Uno dei problemi principali è che, però, gli agricoltori sono molto spesso scettici nei confronti dei nuovi modelli di business, in particolar modo se questi coinvolgono nuove tecnologie. In alcuni casi, il ritorno economico relativo al costo del sistema limita l'adozione della nuova tecnologia. Le applicazioni di zootecnia di precisione che sono economicamente giustificate riducono la manodopera, sono facili da essere utilizzate e si adattano alle pratiche agricole conosciute hanno maggiori possibilità di successo commerciale.

La zootecnia di precisione è ancora oggi una novità, non in termini assoluti di uso di nuove tecnologie, ma essenzialmente di innovazione nei metodi di gestione del flusso di lavoro e di informazione a livello di allevamento. Per questo, anche l'allevatore più accorto necessita di un minimo di assistenza nel processo di scelta e di inserimento dell'innovazione. Questo potrà evitare perdite di tempo e di soldi da parte degli allevatori e, soprattutto, eviterà pericolosi scoraggiamenti conseguenti a vantaggi malintesi. Infatti, gran parte della valutazione economica circa l'adozione delle nuove tecnologie non passa per un aumento produttivo diretto, ma essenzialmente per un miglioramento nell'efficienza della gestione di risorse umane e materiali nel processo produttivo, garantendo allo stesso tempo il miglioramento del benessere animale e la sostenibilità della produzione (Abeni et al., 2018).

SCOPO

Il presente lavoro di tesi si propone come obiettivo l'analisi dell'impatto di alcuni esempi di sistemi di PLF presenti in aziende di bovine da latte nel Parmense e, in particolare, si vogliono esaminare quali sono le principali motivazioni che spingono gli allevatori ad affidarsi a nuove tecnologie.

Per svolgere tale tesi è stata condotta un'indagine, attraverso la somministrazione di un questionario di valutazione, presso due aziende zootecniche dotate rispettivamente di un sistema automatico di mungitura ed un sistema automatico di alimentazione con lo scopo di mettere in evidenza i principali cambiamenti attuati sia in termini gestionali, produttivi che strutturali al fine di ottenere una valutazione generale su come è stato percepito il processo di transizione dai sistemi tradizionali all'automazione, quali sono stati i vantaggi e le criticità da esso derivate.

1 MUNGITURA ROBOTIZZATA

Attualmente, i sistemi di mungitura automatica o AMS (*Automatic Milking System*) rappresentano una delle innovazioni tecnologiche più importanti nel mondo della zootecnia.

Il primo AMS, in gergo chiamato robot di mungitura, è stato installato nel 1992 in Olanda. Al giorno d'oggi, grazie all'evoluzione tecnologica avvenuta negli anni, queste macchine hanno potuto raggiungere un'elevata affidabilità ed efficienza, favorendo così la loro diffusione commerciale. Nel 2022 è stato stimato, infatti, che nel mondo operino circa 50.000 robot di mungitura, di cui oltre 1200 in Italia (ovvero il 4-5% degli allevamenti italiani) (Calcante A., 2022).

Gli allevatori sono spinti da diverse motivazioni ad attuare l'introduzione di nuove tecnologie nelle loro aziende. Tra gli aspetti più importanti connessi all'abbandono della sala di mungitura tradizionale ed al passaggio al robot di mungitura nelle stalle di bovini da latte ci sono il cambiamento della natura del lavoro, in quanto l'uomo viene svincolato da tutte quelle che sono le fatiche che una mungitura tradizionale può comportare dal punto di vista sia fisico che sociale², ed il controllo degli animali su base individuale, grazie all'utilizzo di specifici sensori (Bietresato e Mazzetto, 2018).

Inoltre, l'aspettativa di un incremento del benessere animale e di un aumento della produzione di latte, grazie all'incremento del numero di mungiture, orientano gli allevatori verso la scelta di questa tecnologia. Infatti, gli intervalli e il numero di mungiture influenzano, oltre che la qualità, anche la quantità di latte prodotto: in media, un robot che riesce ad eseguire 2,8-3 mungiture per capo/giorno fa registrare un aumento produttivo medio tra il 10 e il 15% rispetto alle 2 mungiture per capo/giorno attuate con la mungitura tradizionale in sala (Pessina, 2017).

² Dallo studio condotto da Zucchi et al. nel 2004, si è evinto come il robot di mungitura venga adottato per la quasi totalità dei casi da allevamenti a conduzione familiare, nelle quali il proprietario è frequentemente anche il mungitore.

1.1 Mungitura nel Consorzio del Parmigiano Reggiano DOP e progetto TICAS

Per gli standard di produzione, tutto il latte introdotto in caseificio deve essere conforme ai Regolamenti di Produzione del Parmigiano Reggiano DOP:

“Per l’intero allevamento il tempo di mungitura del latte destinato alla DOP, di ciascuna delle due munte giornaliere consentite, comprensivo del relativo trasporto in caseificio, deve essere contenuto entro le sette ore.

Il latte della mungitura della sera e quello della mungitura del mattino sono consegnati integri al caseificio entro due ore dalla fine di ciascuna mungitura. [...]”

A causa di queste imposizioni, il potenziale degli AMS inseriti negli allevamenti circoscritti all’area del Consorzio è limitato, in quanto non possono essere funzionanti per 24 ore al giorno, ma devono essere attivati in due intervalli di tempo durante il giorno.

Poiché nelle stalle del territorio è crescente l’interesse per la mungitura robotizzata, nella regione Emilia Romagna, nell’ambito del PSR 2014-2020, è stato finanziato il progetto TICAS (L’impatto delle tecnologie innovative sulla caseificazione del Parmigiano Reggiano) che ha previsto delle interviste ai rappresentanti/tecnici delle principali aziende operanti nel settore della mungitura robotizzata ed agli allevatori che hanno adottato questo sistema automatico³ e la raccolta di campioni di latte munto con AMS per condurre un’analisi sull’impatto della mungitura robotizzata nella realtà produttiva del Parmigiano Reggiano. Le forme ottenute da queste lavorazioni sono state, poi, sottoposte a campionamenti regolari.

Dai risultati ottenuti dalle analisi si è evinto che il latte proveniente da mungitura automatizzata è caratterizzato per un maggiore contenuto di lattosio ed un minore contenuto di cellule somatiche rispetto a quello munto con sistema tradizionale in sala. Inoltre, la resa casearia standard del latte di massa ottenuto attraverso l’utilizzo del robot è paragonabile a quella del latte munto nella sala tradizionale.

³ È emerso che nel 2020 il numero di AMS già attivi nelle aziende e quelli che erano in fase di installazione ammontavano a circa un centinaio nell’area di produzione tipica.

1.2 Caratteristiche strutturali del robot di mungitura

Sul mercato esistono due tipologie di AMS: quella mono-stazione in cui è presente una sola postazione di mungitura e quella multi-stazione in cui sono presenti più postazioni in serie (da 2 a 5 poste in linea, in cui opera un solo braccio robotizzato).

Soprattutto sul territorio italiano, la prima tipologia di macchinario è la più diffusa in quanto gli AMS multi-stazione implicano un traffico delle bovine non libero e, soprattutto, l'attesa delle vacche all'interno del box fino al completamento della mungitura di tutti gli animali interessati.



Figura 1: AMS mono-stazione



Figura 2: AMS multi-stazione

[Fonte: www.enneeffe.com]

In generale, gli elementi che compongono un sistema robotizzato di mungitura possono essere distinti in:

- Sistema di riconoscimento automatico e selezione delle bovine; l'accesso delle bovine al robot è regolamentato in base alle esigenze individuali degli animali definite dal loro livello produttivo e dalla fase di lattazione in cui si trovano. Il riconoscimento delle bovine avviene tramite un sensore all'ingresso della stazione di mungitura: solitamente, l'accesso è regolato sulla base di un intervallo di tempo minimo tra una mungitura e l'altra e sulla base della produzione di latte giornaliera stimata per quell'animale.
- Box o stallo di mungitura; il box di contenimento è costruito in modo da vincolare e permettere il posizionamento idoneo dell'animale per assicurare al braccio robotizzato un'area di lavoro di mungitura adeguata ma allo stesso tempo garantire anche la libertà di

movimento alle bovine per rispettare il loro benessere. Esistono box adattabili automaticamente alle dimensioni della vacca.

- Mangiatoia; nel box di mungitura è presente un auto-alimentatore dove l'alimento cade dal distributore. Quando una vacca viene identificata, se deve essere munta, viene dosato l'alimento prescelto in quantità e qualità stabilite sulla base della sua razione.

- Braccio robotizzato; è costituito da una combinazione di assi e di giunzioni che, azionati da un particolare sistema di controllo, provvedono alla movimentazione del gruppo di mungitura. Durante l'avvio del processo di mungitura, il braccio del robot si porta davanti alla mammella in base alla posizione della vacca nel box ed alle coordinate dei capezzoli memorizzate.

- Sistema di individuazione della localizzazione dei capezzoli; al fine di permettere la salita del braccio del robot verso la mammella, il sistema scansiona l'area finché non rileva i capezzoli. Dopo di che, avviene una seconda localizzazione che ha lo scopo di rilevare la posizione precisa dei singoli capezzoli al fine di guidare il braccio nell'inserimento del capezzolo nell'imboccatura della guaina. I sistemi di rilevazione possono essere di diverse tipologie: a sensori tattili (ovvero a contatto con una o più parti della bovina); ad ultrasuoni (di tipo rotante), che rilevano la distanza tra l'emettitore e la superficie su cui impatta l'impulso, in base al tempo di riflessione; a laser infrarosso a triangolazione, con un sensore ottico che misura l'angolo di riflessione del raggio emesso; a telecamera digitale ed emettitore laser che illumina il capezzolo, con i quali viene elaborata un'immagine necessaria per un'efficace identificazione; o a matrice ottica (Pessina, 2017).

- Sistema prendi-capezzoli; è posizionato all'estremità del braccio robotizzato ed una volta che la tettarella viene agganciata al capezzolo, si crea un attacco a tenuta d'aria. Si crea del vuoto sotto il capezzolo all'interno della guaina attraverso il tubo del latte. La camera di pulsazione, tra il guscio, la guaina e lo scodellino di raccolta del latte è a tenuta d'aria. Durante la mungitura, il vuoto si alterna alla pressione atmosferica in questa camera. Questo fa sì che la guaina si apra e si chiuda alternatamente. Questo movimento pulsante massaggia i capezzoli e chiude e apre la guaina sottostante.

- Sistema di lavaggio/disinfezione della mammella e dei capezzoli; in funzione dei diversi bracci robotizzati impiegati, anche i sistemi di pulizia dei capezzoli sono modulati in modo diverso. Il lavaggio può prevedere l'utilizzo di spazzole rotanti oppure dei prendicapezzoli (gli stessi utilizzati per la mungitura o altri appositi).

- Computer per il controllo e la gestione dei dati raccolti; sono presenti sensori in grado di fornire informazioni riguardo ogni singolo capo in termini di qualità e quantità di latte prodotto, stato di salute ed indicare eventuali trattamenti/operazioni che dovrebbero essere svolti. Uno dei principali parametri è il conteggio delle cellule somatiche del latte, indice essenziale per la definizione della presenza di un'eventuale infezione mammaria.

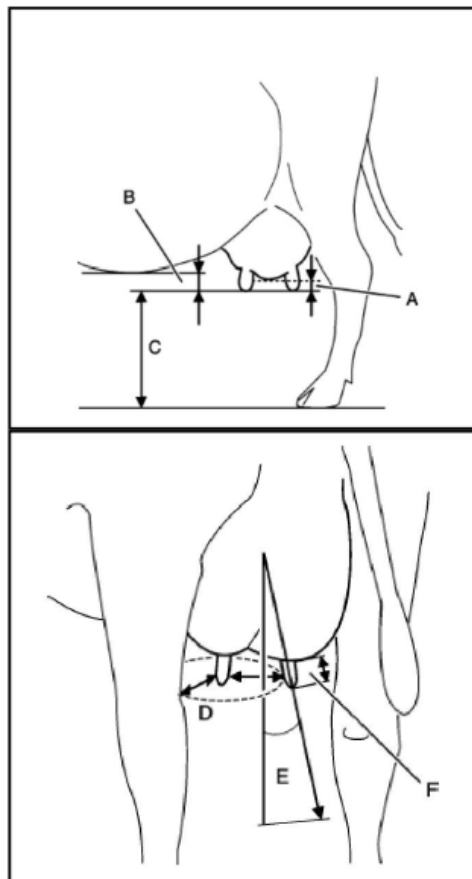
Possono essere inseriti come optional anche altri elementi come, ad esempio, sensori per misurare la temperatura e la conducibilità elettrica del latte, un pesalatte per stimare la produzione oppure sistemi per monitorare e prendere decisioni sulla frequenza delle mungiture.

1.3 L'idoneità degli animali all'AMS

Grazie alla selezione esercitata dall'uomo su determinati caratteri come, ad esempio, la morfologia della mammella, la Frisone Italiana è la razza bovina maggiormente idonea alla mungitura automatizzata. Nonostante questo, non tutte le vacche appartenenti a tale razza sono adatte al robot di mungitura: le dimensioni dell'animale (troppo grande o troppo piccolo in altezza, lunghezza o larghezza), animali con una morfologia della mammella (forma e distanza dal pavimento) da non rendere possibile il riconoscimento della posizione dei capezzoli ed i capezzoli stessi (inclinazione, lunghezza, diametro e posizione) sono fattori che determinano la conformità o meno dell'animale all'utilizzo dell'AMS (Pirlo et al., 2004).

Per i motivi appena citati, inizialmente, la tecnologia dei sistemi di mungitura automatici ha dovuto affrontare diverse problematiche derivanti dal fatto che molti animali avrebbero dovuto essere riformati per poter avere in allevamento un'ottimale prestazione del robot. Oggi, 30 anni dopo la prima installazione, grazie all'evoluzione tecnologica che ha visto questo settore, pochissimi animali risultano non idonei alla mungitura robotizzata.

Al fine di poter individuare animali idonei, quelli problematici e quelli da eliminare, presso l'Istituto Sperimentale per la Zootecnia di Cremona è stata messa a punto una "scheda morfologica e funzionale" utile per i monitoraggi negli allevamenti effettuati sia dagli allevatori che da ispettori, contenente le caratteristiche di idoneità o meno all'AMS (Figura 3).



Requisiti minimi e massimi	Min (cm)	Max (cm)	
Distanza tra il fondo della mammella e la punta del capezzolo posteriore	3,0	-	A
Distanza tra la pancia e la punta del capezzolo anteriore	3,0	-	B
Distanza tra la punta dei capezzoli ed il pavimento	25	75	C
Distanza tra i capezzoli e la gamba e fra i capezzoli (mezzeria)	3,0	-	D
Angolo obliquo di tutti i capezzoli in tutte le direzioni	45°	-	E
Lunghezza capezzoli	3,0		F
Diametro capezzoli	1,5	5,0	
Larghezza massima della groppa		28	
Statura massima del soggetto		180	
Simmetria della mammella problematica quando molto inclinata anteriormente o posteriormente			

Figura 3: Misure morfo-funzionali della mammella [Pirlo et al., 2004]

1.4 Il cow traffic

Con l'introduzione di un AMS, viene modificata l'organizzazione della stalla stessa, in quanto l'animale deve poter entrare autonomamente all'interno del sistema di mungitura. Esistono tre diversi sistemi di traffico delle bovine all'interno della stalla:

- Traffico libero, definito "*free cow traffic*"; non viene posta alcuna barriera alle bovine che accedono liberamente al box di mungitura ed alla corsia di alimentazione e decidono loro come muoversi all'interno della stalla. È la tipologia ad investimento minore in quanto non è necessario installare recinzioni e cancelli automatici di preselezione supplementari.
- Traffico forzato, definito "*forced cow traffic*"; gli animali, per potersi recare in corsia di alimentazione, sono obbligati a transitare attraverso il box di mungitura. Sono presenti cancelli e barriere.

- Traffico controllato, definito “*guided cow traffic*”; con questa strategia gli animali hanno libero accesso alla corsia di alimentazione e, nel passaggio verso la zona di riposo, attraverso cancelli selezionatori, solo quelli che devono essere munti vengono indirizzati al box di mungitura.

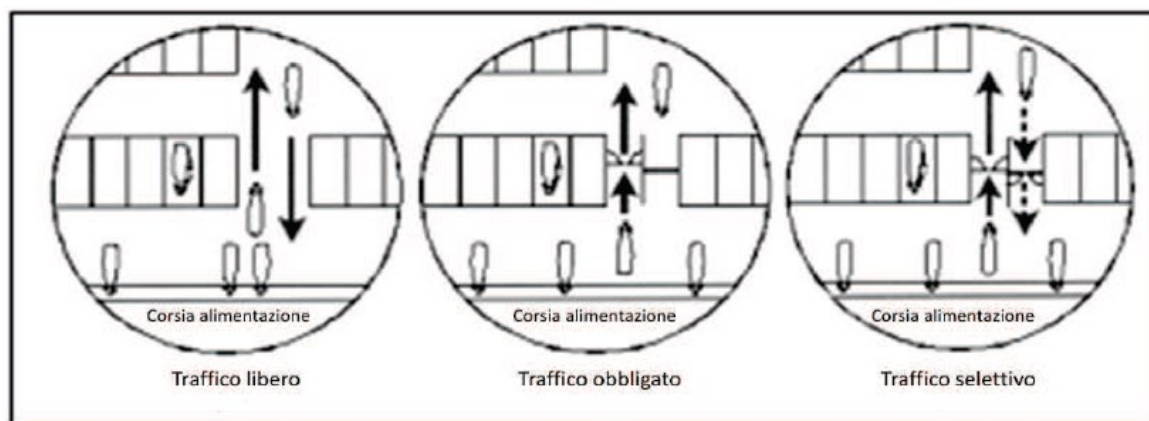


Figura 4: *Differenti tipologie di cow traffic nelle stalle con AMS [Harms et al., 2001]*

1.5 Funzionamento del sistema di mungitura automatico

Rispetto a quanto avviene con le attuali sale di mungitura, il numero delle vacche che un robot riesce a mungere è ridotto a circa 8-12 capi/ora. In media, quindi, un robot riesce a mungere circa 60 vacche al giorno, a seconda del sistema usato e della frequenza raggiunta.

La fase di adattamento delle bovine all'utilizzo del sistema automatico di mungitura è il punto critico dell'introduzione di questo impianto in azienda. Infatti, il passaggio dalla mungitura tradizionale a quella robotizzata implica un cambiamento nella routine sia delle bovine che dell'allevatore: è, quindi, normale iniziare ad apprezzarne i benefici solamente quando il funzionamento del robot raggiunge il pieno regime. È importante far associare alla bovina un fattore positivo all'esperienza di mungitura nel robot: ciò è reso possibile grazie alla somministrazione di una piccola quantità di concentrati attraverso l'auto-alimentatore presente nel box (Rumi, 2013).

Durante la procedura di avviamento del macchinario, per i primi tre giorni le bovine vengono suddivise in gruppi e vengono guidate verso il robot di mungitura tre volte al giorno: in

media, il 75% degli animali prenderà l'abitudine di entrare autonomamente nel robot in questa fase. Dal terzo giorno viene ricreato un gruppo unico e si conducono all'AMS solo le bovine che hanno superato le 10 ore dall'ultima mungitura mentre dal quattordicesimo giorno si conducono al sistema di mungitura solo le bovine con più di 12 ore dall'ultima mungitura (Lely, 2022).

La tecnologia utilizzata per il riconoscimento dell'animale è impiegata anche per la registrazione di eventi come la rilevazione dei calori, la localizzazione degli animali in stalla, la ruminazione e l'attività motoria dell'animale. In commercio sono disponibili dispositivi basati sulla decodifica di onde elettromagnetiche inviate da un emettitore portato addosso dall'animale e sono composti da una parte fissa (un'antenna che emette le onde elettromagnetiche) ed una parte posta sull'animale (un responder, che quando viene attivato dalle onde emesse dall'antenna invia un segnale). Esistono tre tipi di sistemi di riconoscimento che in base al posizionamento dei responder sugli animali si dividono in: collare, dove il responder è posizionato su una cinghia applicata al collo dell'animale; podometro, dove il responder è posizionato al piede dell'animale; bottone auricolare, dove il responder è applicato all'orecchio dell'animale insieme alla marca auricolare.

La mungitura automatica consta di diverse fasi operative, di seguito elencate:

1 Prima fase: identificazione della bovina. Grazie all'invio del segnale dal responder, l'antenna posta nel box di contenimento permette il riconoscimento dell'animale. Se la bovina risulterà essere idonea, inizieranno le operazioni di mungitura, mentre in caso negativo verrà automaticamente rilasciata attraverso l'apertura del cancello anteriore.

2 Seconda fase: distribuzione dell'alimento. La quantità di alimento somministrata è calcolata in base al fabbisogno di ogni singola bovina, allo stadio di lattazione ed al livello di produzione corrente.

3 Terza fase: individuazione dei capezzoli.

4 Quarta fase: pulizia e disinfezione dei capezzoli. Alcuni sistemi robotizzati di mungitura prevedono l'impiego di prodotti detergenti, ma, generalmente, il lavaggio avviene tramite l'utilizzo di acqua. I capezzoli vengono puliti singolarmente uno alla volta, in modo da stimolare anche l'eiezione di latte.

5 Quinta fase: attacco e stacco del gruppo di mungitura. Il braccio robotizzato procede all'attacco dei preindica-capezzoli ed avviene la separazione dei primi spruzzi e del latte

anomalo, il quale viene convogliato in un serbatoio di raccolta separato. La mungitura avviene per singolo quarto della mammella senza l'utilizzo di collettore; quindi, lo stacco avviene individualmente per capezzolo, eliminando le problematiche dovute ad una sovra/sotto-mungitura

6 Sesta fase: applicazione del post-dipping. Terminata la mungitura, viene applicato un prodotto disinfettante direttamente dal prendicapezzolo oppure viene spruzzato sui capezzoli da un apposito erogatore esterno posto sul braccio robotizzato.

7 Settima fase: disinfezione del gruppo di mungitura ed uscita della bovina. Al termine della mungitura, per permettere la totale disinfezione ed essere pronto per la munta della vacca successiva, i prendicapezzoli vengono sottoposti ad un ciclo di lavaggio con acido.

1.6 AMS e benessere animale

Il robot di mungitura ha un impatto positivo sul benessere animale: la bovina decide volontariamente di entrare all'interno dello stallo di mungitura, senza alcun tipo di forzatura o condizione stressante. Ciò riduce, quindi, il tempo di attesa in piedi rispetto alla sala di mungitura tradizionale, dove gli animali vengono portati in sala di attesa per essere poi munti. Tutto questo si traduce in minori problemi a livello podalico.

Un altro beneficio che si ottiene dall'utilizzo dell'AMS è una riduzione delle problematiche a livello dell'apparato mammario, grazie alla capacità dei prendicapezzoli di staccarsi automaticamente dal singolo quarto non appena terminata la sua eiezione del latte, evitando così la sovrampungitura del singolo quarto. Gli AMS più evoluti sono in grado di mappare la velocità di mungitura del singolo quarto, ricordarlo alla mungitura successiva ed iniziare l'attacco proprio dal quarto più "lungo", in modo da ottimizzare al massimo le tempistiche del processo di mungitura.

Inoltre, il sistema di mungitura automatico è dotato di sensori in grado di monitorare la salute della bovina, permettendo all'allevatore di attuare un intervento tempestivo in caso di necessità.

2 ALIMENTAZIONE ROBOTIZZATA

L'alimentazione di precisione o *precision feeding* è una pratica zootecnica che si basa sul concetto di somministrare a ciascun animale l'apporto di nutrienti necessario ad assicurare i suoi fabbisogni produttivi e di mantenimento. Inizialmente, l'automazione in questo settore era limitata solamente alle stazioni di alimentazione, agli alimentatori per sale di mungitura ed alle allattatrici per i vitelli. Più recentemente, a partire dagli anni 2000, sono stati sviluppati sistemi automatici di alimentazione per la preparazione e distribuzione di razioni unifeed complete o parziali.

L'alimentazione costituisce la voce più importante del costo di produzione del latte vaccino. La tipologia di alimentazione delle bovine da latte, oltre ad influire direttamente sulla quantità e sulla qualità del latte prodotto, condiziona la manodopera aziendale ed i macchinari necessari per la preparazione e la distribuzione degli alimenti stessi. Infatti, circa il 50-60% dei costi operativi totali è dovuto all'alimentazione degli animali ed alla attività lavorativa ad essa connessa⁴.

Dal momento che la preparazione della razione alimentare delle bovine è un lavoro impegnativo a cui l'operatore deve prestare molta attenzione al fine di non rischiare di attuare degli errori, l'utilizzo della tecnologia nel nostro Paese sta aumentando sempre di più, come si può vedere dalla figura 5.

⁴ Brambilla et al., 2021

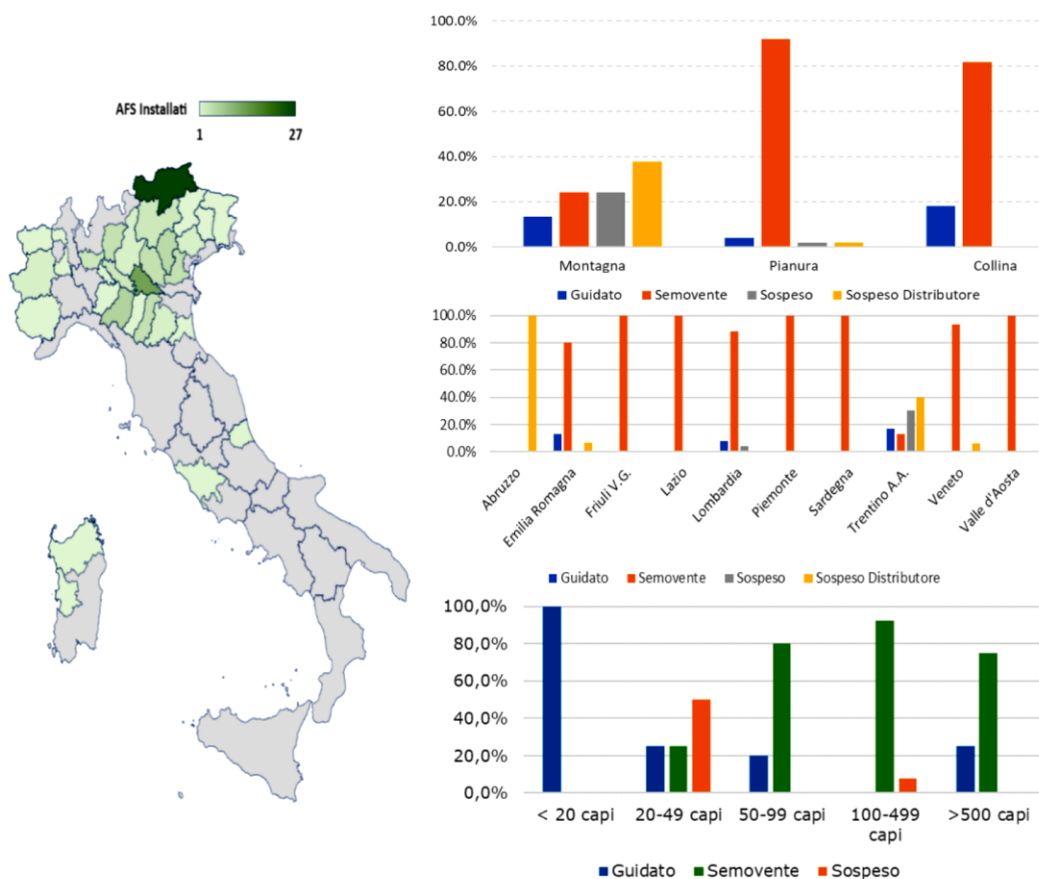


Figura 5: La diffusione in Italia delle aziende dotate di impianti AFS e la diversa tipologia installata in base alle caratteristiche geografiche del territorio ed alla dimensione dell'allevamento

[Fonte: Questionario Progetto Autofeed - Elaborazione CREA, 2021]

In un primo periodo, hanno preso il sopravvento i sistemi automatici con la sola funzione di spingi-foraggio, ed, in un secondo momento, i sistemi automatici per l'alimentazione (*Automatic Feeding System – AFS*) più completi e complessi hanno iniziato ad essere presenti negli allevamenti in supporto agli allevatori nella preparazione e distribuzione della razione agli animali.

Grazie all'utilizzo di un'ideale ed apposita sensoristica, i sistemi automatici di alimentazione permettono una gestione della mangiatoia ottimale, riducendo il più possibile la variabilità ed il possibile errore umano, migliorando l'omogeneità della miscelata.

L'AFS permette all'allevatore di poter risparmiare ore lavorative, concedendogli maggiore flessibilità, e di poter prestare maggiore attenzione ad altre attività dell'azienda ed al controllo dei propri animali, in quanto è un sistema utilizzato per alimentare più volte al giorno (fino anche a 12 volte), in modo automatico ed autonomo, un gruppo selezionato di bovine.

2.1 Progetto AUTOFEED⁵

Come evinto dalla figura 5, i sistemi di alimentazione automatici si sono diffusi in particolar modo nelle regioni del Nord Italia. Proprio per questo motivo, ed al fine di rimarcare l'importanza che questi sistemi stanno acquisendo sul nostro territorio, la Regione Lombardia ha finanziato un progetto dal nome "Automazione dell'alimentazione per gli allevamenti bovini della Lombardia – AUTOFEED", iniziato il 1° settembre 2019 e terminato nel Dicembre 2022.

Il progetto ha coinvolto la Sede di Treviglio del CREA – Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, la Fondazione CRPA Studi Ricerche, responsabile delle attività inerenti alle strutture edilizie ed il trasferimento e divulgazione dei risultati, e cinque allevamenti di bovine da latte e da carne nel territorio lombardo in cui sono stati installati i sistemi di automazione di specifiche fasi dell'alimentazione degli animali.

AUTOFEED è un progetto di "*Farm management*" nato per puntare al miglioramento del benessere delle bovine da latte e da carne con conseguente miglioramento della qualità e della sostenibilità delle loro produzioni attraverso l'adozione di dispositivi meccanizzati e automatici per la somministrazione dell'alimento.

L'obiettivo del progetto è stato quello di operare una valutazione delle condizioni d'impiego dei sistemi automatici di alimentazione e dei sistemi di automazione parziale delle operazioni di razionamento e di gestione della razione in alcuni allevamenti di bovini della Lombardia, al fine di:

- Rendere economica e conveniente l'introduzione di tali sistemi in azienda;
- Migliorare le condizioni di accesso all'alimento da parte degli animali;
- Migliorare l'efficienza del razionamento unifeed.

È stato, quindi, eseguito un accurato monitoraggio delle realtà zootecniche coinvolte in cui gli AFS sono stati inseriti, in modo da aver potuto ottenere una profilazione della sostenibilità (economica e ambientale) degli impianti nelle aziende partner del progetto con riferimento ad aspetti tecnici (tipologia costruttiva ed impiantistica, prestazioni zootecniche, qualità degli alimenti, consumi energetici, organizzazione e gestione, benessere e sanità animale,

⁵ <https://autofeed.crea.gov.it>

impatto ambientale) ed economici (costi di allestimento, costi annui di gestione, valutazione della redditività degli investimenti, ecc.).

Alla conclusione del progetto è stato tenuto un convegno finale il 2 Dicembre 2022 presso le Fiere Zootecniche Internazionali di Cremona, dove sono state dibattute le prospettive future dei sistemi automatici di alimentazione.

A marzo 2023, ha seguito la pubblicazione di un volume contenente le Linee Guida del progetto AUTOFEED, in cui vengono discusse diverse considerazioni inerenti gli AFS quali la tecnica unifeed, le soluzioni tecnologiche presenti attualmente, quali fattori considerare per l'inserimento in stalla, il consumo energetico, il comportamento degli animali con i robot, esempi di applicazione dei sistemi automatici nelle aziende partner del progetto e le prospettive future.

2.2 La tecnica unifeed

Il razionamento tramite la tecnica unifeed o “piatto unico” (in inglese *Total Mixed Ration - TMR*) è ormai stato adottato dalla maggior parte degli allevamenti bovini a carattere intensivo e semi-intensivo. Fu sviluppato in laboratorio negli anni '30 negli Stati Uniti, ma introdotto negli allevamenti di bovini da carne italiani solo a partire dagli anni '60, a seguito della diffusione dei primi carri miscelatori (Brambilla e Bisaglia, 2023).

L'unifeed è, quindi, una razione composta da una miscela omogenea di tutti gli alimenti necessari al fabbisogno nutrizionale ed energetico dell'animale: foraggi lunghi finemente tritati, cereali, concentrati, sottoprodotti, ecc.

Grazie a questa tecnica di miscelazione, l'animale non è in grado di effettuare una scelta selettiva dei singoli componenti della razione.

La tecnica unifeed permette un razionamento più adatto alla fisiologia ruminale, favorendo la digestione ed evitando l'insorgere di fermentazioni negative (che potrebbero comportare problematiche, come l'acidosi ruminale) in quanto va ad aumentare la stabilità del pH del rumine, che rimane sempre ad un livello costante (Tangorra e Calcante, 2023).

Solitamente, l'alimentazione degli animali tramite tecnica unifeed viene effettuata attraverso l'impiego di carri miscelatori adoperati sia per la preparazione che la distribuzione dell'alimento nelle mangiatoie.

Seppure i molteplici vantaggi, la tecnica unifeed presenta alcune criticità, come ad esempio, i lunghi tempi di trincia-miscelazione degli alimenti e la difficoltà per molti allevamenti di applicare più di una razione (con diversi livelli nutritivi) per le vacche in lattazione, in modo da poter soddisfare al meglio i fabbisogni di ogni gruppo.

In particolare, nelle stalle con numeri esigui di animali alimentati secondo il Disciplinare del Parmigiano Reggiano risulta difficile riuscire a gestire contemporaneamente diverse razioni. Per questo motivo, la maggior parte degli allevamenti appartenenti a questo Consorzio ha un unico gruppo alimentare: ciò comporta delle ripercussioni sui fabbisogni alimentari poiché bisognerebbe evitare di avere una mandria con giorni di lattazione poco compatti, in quanto animali lunghi in lattazione tenderebbero ad ingrassare, con tutto ciò che ne potrebbe conseguire.

Grazie, però, allo sviluppo di sensoristica, spingiforaggio automatici e sistemi completamente automatici per l'unifeed (*Automatic Feeding System – AFS*) è stato fornito un importante supporto agli allevatori in modo da ridurre il più possibile la variabilità e l'errore durante la preparazione e distribuzione della razione e nella gestione della mangiatoia (Lazzari et al., 2023).

2.2.1 Unifeed e Parmigiano Reggiano DOP

Seppur le prime notizie sulla loro somministrazione negli allevamenti di vacche da latte in Italia risalgano solo agli anni '70-'80, oggi l'uso di razioni unifeed è ormai una pratica molto comune nelle stalle di bovine da latte.

Dal momento in cui si è prospettato l'uso del piatto unico nell'alimentazione delle vacche da latte, il Consorzio del Parmigiano Reggiano ha ritenuto opportuno effettuare una lunga fase di ricerca per valutare gli effetti del suo utilizzo sulla qualità del latte, sulla tecnologia di caseificazione e sulle caratteristiche organolettiche-nutrizionali peculiari del formaggio

DOP. Sulla base dei risultati ottenuti da questa sperimentazione, il Consorzio di Tutela ha stabilito il razionamento mediante unifeed compatibile con la produzione del Parmigiano Reggiano ed ha inserito questa tecnica alimentare all'interno del Regolamento di alimentazione delle bovine da latte, che si trova nel Disciplinare di Produzione, prefissando regole precise affinché questo metodo venga messo in atto nel modo più corretto possibile (Salghetti e Manghi, 2004).

Di seguito viene riportato l'Articolo 10 del Disciplinare di Produzione del Parmigiano Reggiano DOP, riguardante l'Alimentazione con Piatto Unico:

“Gli alimenti possono essere somministrati alle bovine da latte mediante la tecnica del “Piatto Unico”, che consiste nella preparazione di una miscela omogenea di tutti i componenti della razione prima di distribuirli agli animali.

La preparazione della miscela deve avvenire nell'allevamento che la utilizza. Inoltre:

- non è consentita la miscelazione di foraggi verdi, nemmeno nel caso in cui si impieghi il trinciato fresco di mais. Se si utilizzano foraggi verdi, questi vanno somministrati a parte;*
- le operazioni di preparazione non possono essere eseguite all'interno della stalla;*
- se si procede all'umidificazione della massa (umidità superiore al 20%), la miscelazione deve essere effettuata almeno due volte al giorno e la distribuzione deve avvenire immediatamente dopo la preparazione;*
- anche se non si procede all'umidificazione della massa, la conservazione della stessa deve essere effettuata al di fuori della stalla e la distribuzione in greppia della miscelata deve essere effettuata almeno una volta al giorno.”*

2.3 Tipologie di sistemi automatici di alimentazione

Gli elementi che costituiscono un sistema automatico di alimentazione sono il locale definito “cucina” dove il robot distributore andrà a rifornirsi ed il robot/carro distributore.

La cucina è un ambiente riparato in cui vengono stoccate le materie prime che compongono la razione e dove avviene la fase di preparazione della stessa. Il carro di distribuzione è

l'unità mobile che svolge la funzione di un vero e proprio carro trincia-miscelatore e provvede, oltre che alla distribuzione della razione, anche alla funzione di spingi-foraggio attraverso l'avvicinamento frequente dell'alimento in mangiatoia.

In base alla tecnologia ed al livello di meccanizzazione, si possono classificare tre principali categorie di AFS.



Figura 6: Le possibili tipologie di AFS e gli ambiti di automazione raggiungibili

[Fonte: Rossi et al., 2021]

Tipo 1: è il sistema di alimentazione automatico dove solo la trincia-miscelazione e la distribuzione della razione sono automatizzate;

Tipo 2: è il sistema di alimentazione automatico dove il riempimento del carro, la trincia-miscelazione e la distribuzione della razione sono automatizzate;

Tipo 3: è il sistema di alimentazione automatico dove sono automatizzate tutte le fasi, dal carico ed il trasporto degli ingredienti fino alla distribuzione della razione; in questo caso viene eliminata la fase intermedia di stoccaggio degli ingredienti della razione nella cucina.

La grande flessibilità ed adattabilità alle diverse condizioni degli allevamenti è il punto di forza di questa tecnologia: ciò ne rende favorevole l'adozione non solo in allevamenti intensivi con elevati numeri, ma anche in piccole realtà produttive site in zone strategiche per la zootecnia da latte come le zone collinari e di montagna (Bisaglia e Brambilla, 2018).

2.3.1 Cucina

La cucina è sempre un luogo chiuso e riparato che può trovarsi direttamente all'interno della stalla oppure immediatamente al suo esterno. È l'ambiente in cui vengono stoccati tutti gli alimenti che compongono la razione e dove avviene la preparazione e miscelazione dell'unifeed.

Di norma, questa sede di stoccaggio degli alimenti viene rifornita di alimento fresco ogni 2-3 giorni circa, a seconda della capienza ed esigenza.

Lo spazio adibito a cucina deve poter accogliere tutte le attrezzature necessarie del sistema di alimentazione e deve essere di facile accesso per i mezzi agricoli destinati al riempimento della cucina stessa. Nel progetto della zona della cucina, devono, inoltre, essere rispettate le norme igieniche e di sicurezza per la conservazione degli alimenti, garantendo un ambiente protetto da calore e luce solare diretta, con una buona ventilazione e che impedisca l'accesso a fauna selvatica (Lazzari et al., 2023).

2.3.2 Sistemi di distribuzione

I sistemi di distribuzione differiscono per le modalità di funzionamento e per il livello tecnologico e possono essere classificati in (Calcante A., 2021):

- Fissi o stazionari. Sono basati sull'utilizzo di nastri trasportatori metallici o in gomma:
 - i) fissi individuali: sono in grado solamente di distribuire l'alimento agli animali, in base a parametri quali la produttività, la curva di lattazione e/o di accrescimento, ecc.;
 - ii) fissi di gruppo: è presente un miscelatore stazionario situato nella cucina ed azionato elettricamente; questo miscelatore scarica la razione preparata su nastri trasportatori, che poi la distribuiscono lungo la mangiatoia.
- Mobili. Comprendono:

- i) carri sospesi a rotaia: il miscelatore è fisso all'interno della cucina. La distribuzione della razione viene effettuata tramite carri mobili che percorrono la mangiatoia per la sua intera lunghezza lungo una rotaia sospesa;
- ii) carri guidati: sempre attraverso binari sospesi, il carro mobile provvede sia alla distribuzione della razione che alla sua precedente miscelazione grazie alla presenza di coclee dedicate;
- iii) carri semoventi: il carro mobile è un vero e proprio carro miscelatore robotizzato senza vincoli fisici. Si muove grazie alla presenza di sensori di distanza e piste metalliche o magnetiche.

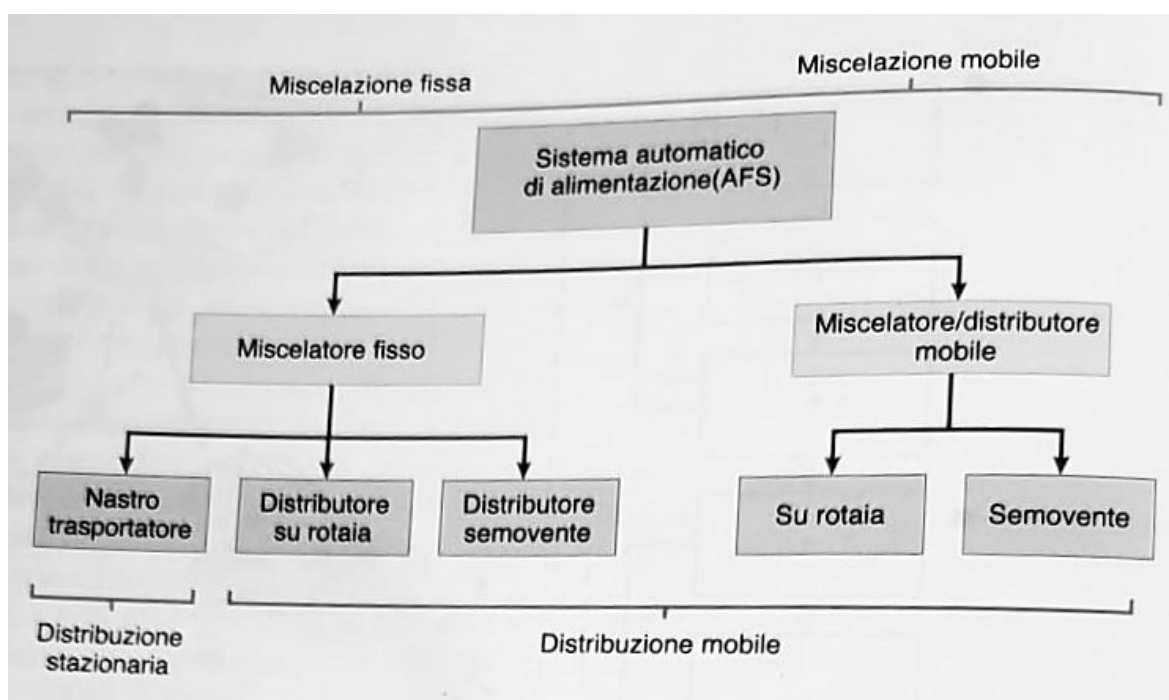


Figura 7: Schema delle tipologie attualmente presenti sul mercato

[Fonte: Manuale di nutrizione dei ruminanti da latte, 2020]

2.4 Benefici apportati dall'utilizzo di AFS

I sistemi automatici di alimentazione stanno guadagnando sempre più interesse nel settore zootecnico ed in particolare in quello dei bovini da latte, grazie ai molteplici vantaggi che potrebbero portare ad un miglioramento gestionale e produttivo (Rossi et al., 2021):

- L'aumento della frequenza di distribuzione della razione porta ad un aumento dell'ingestione di sostanza secca con il conseguente aumento della produttività;
- Avviene un minor spreco di alimento grazie al dosaggio preciso dei sistemi automatici ed una limitazione della selezione in mangiatoia grazie all'accurata miscelazione attuata;
- Si ha un alimento di migliore qualità, in quanto il tempo di esposizione ambientale è ridotto;
- Si ha un dosaggio automatico e preciso dei diversi componenti della razione, eliminando la possibilità di errore da parte dell'operatore;
- Si ha un risparmio di manodopera, in quanto l'operatore deve limitarsi solamente a garantire la disponibilità degli ingredienti all'interno della cucina;
- Si ottiene un miglioramento del benessere animale;
- Si riduce il tempo "inefficiente" in piedi per l'alimentazione, con aumento dei tempi di riposo e miglioramento della sanità di arti e piedi;
- Si raggiunge un risparmio energetico ed una riduzione dell'impatto ambientale dell'allevamento;
- La suddivisione della mandria in più gruppi alimentari riduce i costi di alimentazione e migliora la produttività;
- Si elimina l'inquinamento dell'aria all'interno della stalla causato dai mezzi meccanici con funzionamento a gasolio.

La riduzione del consumo dei combustibili di origine fossile consente di incrementare la sostenibilità economica ed ambientale dell'allevamento, migliorando la competitività dell'azienda zootecnica (Brambilla et al., 2021).

2.4.1 AFS e benessere animale

Diversi studi hanno sottolineato come l'utilizzo di un sistema di alimentazione automatico abbia dei riscontri positivi sul benessere degli animali in allevamento, osservati anche grazie ad un aumento della quantità e delle caratteristiche qualitative del latte prodotto.

La frequenza maggiore di distribuzione dell'alimento che si ottiene grazie agli AFS riduce la competizione per il cibo, permettendo una costante presenza degli animali in rastrelliera e, quindi, un approccio al momento di alimentazione meno stressante.

La diminuzione dei conflitti alla mangiatoia, rispetto alla distribuzione con carro miscelatore unifeed tradizionale, permette alle vacche l'assunzione dell'alimento in modo più naturale. La riduzione dello stress di attesa nelle bovine, che hanno imparato di poter contare su un numero maggiore di pasti al giorno, permette loro di poter dedicare più tempo all'attività di riposo e socializzazione.

Grazie all'utilizzo dei sistemi automatici di alimentazione, è possibile attuare modifiche a livello strutturale, riducendo la larghezza della corsia di foraggiamento ed aumentando lo spazio adibito alla zona di riposo in modo da poter garantire maggiore comfort agli animali.

Ne deriva, inoltre, una diminuzione dei residui di unifeed in mangiatoia e conseguentemente una riduzione della possibilità di contaminazioni o di fermentazioni anomale. Infatti, i numerosi pasti permettono una riduzione delle problematiche a carico dell'apparato digerente e le dismetabolie (fra cui l'acidosi ruminale e la possibile conseguente laminite subclinica), con benefici dal punto di vista della produzione e dell'attività riproduttiva (Rossi, 2021).

Infine, grazie all'automatizzazione dell'alimentazione, l'allevatore può dedicarsi alla gestione della mandria con maggior attenzione, in particolare può attuare una sorveglianza meticolosa mediante l'utilizzo dei dati messi a disposizione dai robot che consentono di prevedere e prevenire eventuali problematiche sulla base della quantità di alimento consumata da parte dell'animale.

3 MATERIALI E METODI

3.1 Descrizione aziende

La ricerca ha avuto luogo presso due aziende di bovine da latte: la Società Agricola Negri s.s. e la Società Agricola Benassi s.s., situate rispettivamente a Vicofertile, nel comune di Parma, ed a Madregolo, nel comune di Collecchio, in provincia di Parma.

Entrambe le aziende, trovandosi all'interno del territorio del Consorzio, sono dedite alla produzione di latte da destinare alla produzione del Parmigiano Reggiano DOP.

3.1.1 Società Agricola Negri s.s.

L'azienda agricola Negri consta di circa 300 capi, di cui 130 in lattazione. Attualmente, una parte delle bovine in lattazione viene munta mediante un sistema di mungitura automatico (AMS), installato ed entrato in completo regime il 5 settembre 2023. Le restanti vacche vengono munte attraverso il sistema tradizionale di mungitura in sala con 16 posti (8+8).

In un primo momento, le vacche introdotte all'AMS sono state 38. Ad oggi, il gruppo delle vacche munte mediante il robot è aumentato fino ad essere costituito da 28 primipare, 12 secondipare e 5 terzipare, per un totale di 45 animali.

I due gruppi di bovine, quelle munte in sala di mungitura tradizionale e quelle munte dal robot automatico, sono posizionate all'interno della stessa stalla ma in due ali distinte. La parte di stalla che ospita le bovine munte con l'AMS presenta la zona di riposo a cuccette, con pavimentazione piena e le deiezioni vengono asportate tramite raschiatori meccanici.

Le vacche che vengono munte con l'AMS hanno accesso libero al robot, ma nel rispetto del Disciplinare di Produzione del Parmigiano Reggiano DOP⁶, la mungitura automatica

⁶ “Per l'intero allevamento il tempo di mungitura del latte destinato alla DOP, di ciascuna delle due munte giornaliere consentite, comprensivo del relativo trasporto in caseificio, deve essere contenuto entro le sette ore” - Standard di produzione del formaggio PR.

avviene solo per 14 ore al giorno, rispetto alle potenziali 21 ore al giorno (dove le restanti 3 ore sono dedicate allo stop del robot per effettuare i due lavaggi da 1 ora e mezza l'uno).

Il robot di mungitura presente in azienda è della ditta Lely, modello “*Astronaut A5*”.

3.1.1.1 Il robot di mungitura *Astronaut A5* della Lely, struttura e funzionamento⁷



Figura 8: Veduta dell'AMS dalla sala di controllo nell'azienda Negri

Il robot di mungitura mono-stallo *Astronaut A5* della Lely fa parte di un sistema di mungitura automatizzato che munge, alimenta e monitora la salute delle bovine da latte. Il sistema di mungitura esamina anche la quantità e la qualità del latte appena munto dalle vacche e, se necessario, separa quello contaminato o non conforme allo standard corretto.

Un trasmettitore (il responder), inserito nel collare di ogni vacca, consente al sistema di identificarla e mantenere le varie registrazioni specifiche per ciascuna bovina, al fine di

⁷ Lely, “Manuale dell’operatore – robot di mungitura” e “Gestione dell’allevamento robotizzato”

gestire la mungitura e l'alimentazione di ogni singolo animale quando entra nel robot automatico di mungitura.

Questo robot di mungitura si avvale del traffico libero delle bovine: la vacca sceglie di spostarsi liberamente per la stalla e decide quando mangiare, bere, riposare e farsi mungere. Inoltre, è progettato per non ostacolare l'ingresso delle vacche, le quali mentre vengono munte non perdono mai il contatto con il resto della mandria. La vacca si reca, quindi, all'AMS di sua iniziativa, per cui il processo di mungitura avviene senza stress.

Non appena la vacca entra nel robot viene riconosciuta dal sensore che trasmette al sistema le informazioni che la riguardano. La mungitura viene preparata sulla base dei dati storici dell'animale, di conseguenza il robot conosce la posizione esatta dei capezzoli e la razione da dover somministrare (la razione viene determinata in base alla produzione di latte ed alla fase di lattazione della singola vacca).

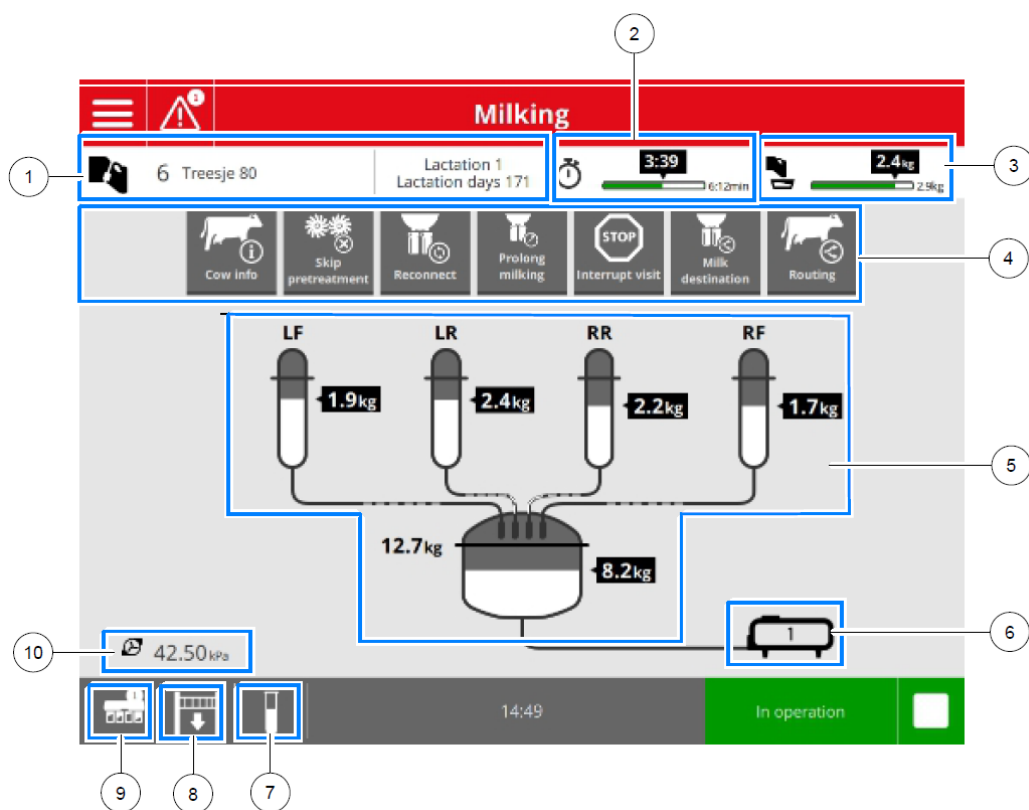


Figura 9: Schermata di mungitura principale [Fonte: Manuale operativo Lely]

CODICE: 1. Dati dell'animale - 2. Tempo nel box - 3. Stato di alimentazione - 4. Barra delle azioni - 5. Stato della mungitura - 6. Destinazione del latte - 7. Campionamento del latte - 8. Cancelli di attesa - 9. Svuotamento M4use - 10. Livello di vuoto

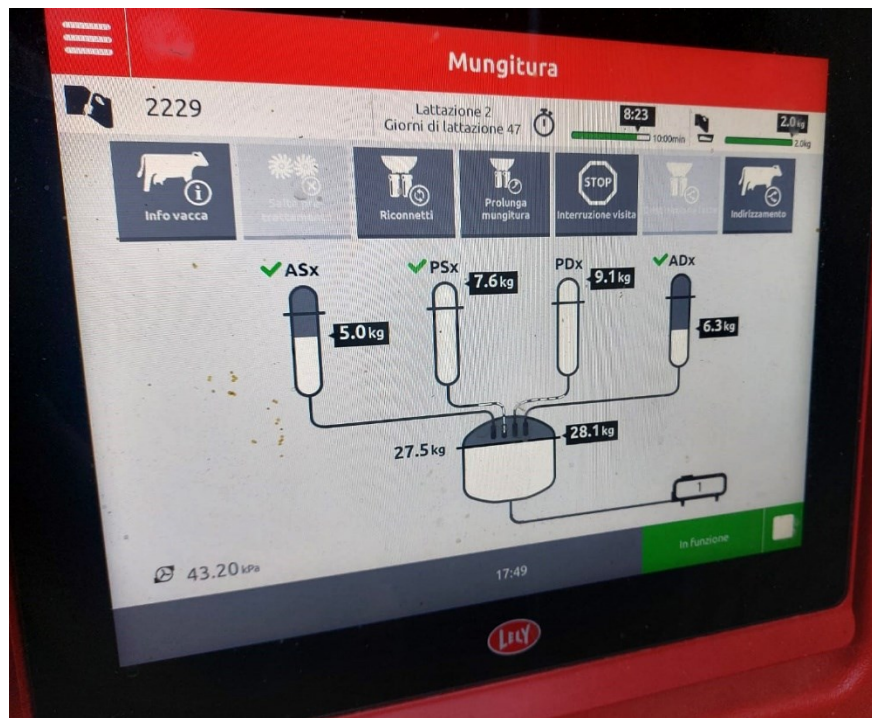


Figura 10: Schermata principale del robot nell'azienda Negri

Per un'igiene ed una stimolazione ottimali, vengono utilizzate delle spazzole controrotanti di pulizia e disinfezione che consentono di pulire i capezzoli ed anche la parte inferiore della mammella. Durante la pulizia, non viene utilizzato nessun sistema del vuoto quindi non si hanno perdite di latte e si riduce al minimo la possibilità di contaminazione incrociata e le tettarelle restano pulite perché entrano in contatto solo con i capezzoli puliti. Dopo ogni pulizia le spazzole vengono disinfettate per evitare contaminazioni incrociate.

La posizione della vacca viene attentamente monitorata con il sistema di visione dei capezzoli a telecamera e laser durante l'intero processo di mungitura senza disturbare l'animale.

Durante la mungitura viene monitorata la qualità del latte per poter individuare tempestivamente eventuali problemi di salute ed alcuni parametri attivano immediatamente un'avvertenza nel programma di gestione. Quando il latte viene pompato nel frigo, vengono prelevati dei campioni per quantificare il conteggio delle cellule somatiche.

Se il flusso di latte da un singolo quarto scende al di sotto di una determinata soglia, la tettarella viene rimossa e si interrompe la mungitura di quel capezzolo. Una volta staccate le tettarelle, i capezzoli vengono spruzzati con il post-dipping.

Terminata la mungitura, la vasca di alimentazione viene allontanata e la vacca può lasciare il robot. Prima che venga munta la bovina successiva, le tettarelle vengono pulite accuratamente.



Figura 11: Vacca in attesa dell'inizio della mungitura nell'azienda Negri

3.1.2 Società Agricola Benassi s.s.

L'azienda agricola Benassi consta di circa 400 capi, di cui 200 in lattazione. Tutta la stalla è strutturata con la zona di riposo di tipo a cuccette, con pavimentazione piena e le deiezioni vengono asportate tramite raschiatori meccanici.

Attualmente, circa 250 bovine vengono alimentate tramite un sistema di alimentazione automatico (AFS), installato ed entrato in completo regime l'8 Giugno 2023: l'AFS viene utilizzato solo per le 200 vacche in lattazione (suddivise in 5 gruppi formati da primipare, pluripare ed infermeria) e le 50 in asciutta. I restanti animali vengono alimentati attraverso il sistema tradizionale del carro unifeed.

Il robot di alimentazione presente in azienda è della ditta *Lely*, modello “*Vector*”.

3.1.2.1 Piano alimentare

Gli animali dell'azienda Agricola Benassi vengono alimentati con una razione mista parziale con supplemento di concentrati (*Partial Mixed Ration* - PMR). La PMR si differenzia dalla tecnica del “Piatto Unico” o *Total Mixed Ration* (TMR – dove tutti i componenti sono miscelati nel carro unifeed) in base al fatto che la razione che viene distribuita in mangiatoia non contiene tutte le componenti alimentari di cui un gruppo necessita: parte dei concentrati viene somministrata individualmente ad ogni vacca, che li riceve attraverso appositi auto-alimentatori posizionati all'interno della stalla. Questa tecnica di somministrazione della razione permette di ottimizzare l'utilizzo delle risorse alimentari, in quanto va ad aumentare la precisione soddisfacendo i fabbisogni del singolo animale, in funzione della quantità di latte prodotta e della curva di lattazione.

Come previsto dal Disciplinare di Produzione del Parmigiano Reggiano, la razione somministrata agli animali in azienda presenta una quota rilevante di foraggio autoprodotta.

Alimenti	TQ (Kg)
Fieno polifita	2,5
Medica alta NDF	5
Medica alta proteina	3,5
Mangime complementare per vacche da latte	7
Mangime complementare liquido	0,4

Tab. 2 - Razione alimentare azienda Benassi

3.1.2.2 Il robot di alimentazione Vector della Lely, struttura e funzionamento⁸

Si tratta di un robot trincia-miscelatore-distributore totalmente elettrico. Il sistema è composto da due parti: la cucina, dove gli alimenti vengono stoccati pre-trinciati dall'allevatore, poi selezionati e caricati nell'unità mobile, che miscela la razione, la riavvicina alla rastrelliera e misura l'altezza media della miscelata lungo la mangiatoia nei diversi gruppi di animali, alimentandoli quando necessario.



Figura 12: Cucina presso l'azienda Benassi

⁸ Lely, “Manuale dell’operatore – robot di alimentazione” e “Gestione dell’allevamento robotizzato”



Figura 13: Caricamento alimenti nel sistema distributore presso l'azienda Benassi

Una volta terminata la miscelazione, il robot si sposta per raggiungere autonomamente la stalla dove distribuisce la razione al gruppo di animali predisposto. Il *Vector* è in grado di muoversi dalla cucina alla rastrelliera seguendo le strisce metalliche appositamente collocate nel cortile mentre all'interno della stalla segue le rastrelliere grazie ai sensori distanziometrici ad ultrasuoni.

Quando l'unità mobile arriva dal gruppo di animali che necessitano di alimento fresco, le porte scorrevoli del robot si aprono ed il distributore, unitamente alla coclea verticale, distribuisce la razione.

Muovendosi lungo la rastrelliera, prima e dopo aver alimentato un gruppo, l'unità mobile riavvicina l'alimento negli altri gruppi. Durante il riavvicinamento, il sensore dell'altezza misura l'altezza media della razione per stabilire dove e quando è necessario aggiungere del nuovo alimento fresco.



Figura 14: Sistema di distribuzione degli alimenti alla mangiatoia presso l'azienda Benassi

3.2 Questionario

Questo lavoro di tesi ha al centro dei suoi obiettivi la valutazione delle principali motivazioni, i vantaggi e le criticità relativi all'introduzione dei sistemi di automatizzazione in stalle di bovine da latte.

Questa indagine è stata possibile attraverso la somministrazione di un questionario avvenuta nell'Ottobre 2023 che ha consentito di effettuare una valutazione dei cambiamenti aziendali dal punto di vista gestionale e strutturale, tenendo conto del tipo di robot automatico introdotto e del grado di soddisfazione dell'allevatore dopo l'inserimento del sistema di automatizzazione stesso.

Il questionario è stato strutturato in 11 domande a risposta aperta per entrambe le aziende, con una dodicesima domanda specifica solo per l'azienda Benassi, come segue:

1. Quali sono le motivazioni che vi hanno spinto a fare il cambio dal sistema tradizionale a quello automatizzato con il robot?
2. Quali sono stati i cambiamenti strutturali in stalla e quali le modifiche gestionali che avete dovuto mettere in atto per poter utilizzare il sistema automatizzato?
3. Quali sono state le maggiori difficoltà nell'adattamento all'utilizzo del robot?
4. Come vi state trovando adesso che avete un sistema automatizzato?
5. Secondo voi, quali sono i punti di forza e di debolezza dei robot automatizzati rispetto ai sistemi tradizionali?
6. Qual è stato l'impatto a livello produttivo (quantità e qualità del latte) e del benessere animale?
7. Da quando è stato installato il sistema automatizzato, il carico di lavoro com'è cambiato? Si è ridotto?
8. Avete riscontrato difficoltà nell'utilizzo del software gestionale e la gestione dei dati raccolti?
9. C'è stata la necessità di un'adeguata formazione per il corretto utilizzo del sistema automatizzato?
10. Nel periodo di transizione sono state registrate variazioni a livello produttivo (calo)?

11. Quanto tempo è stato necessario per l'installazione e la messa a regime del sistema automatizzato?

La dodicesima domanda integrativa, specifica per il sistema di alimentazione automatico, è stata la seguente:

Con il nuovo sistema di somministrazione dell'alimento, è stata necessaria una modificazione della razione?

3.3 Rilievo dati aziendali

I dati utilizzati per la valutazione quanti-qualitativa della produzione di latte sono stati messi a disposizione dagli allevatori e raccolti dalle analisi del latte attuate due volte al mese⁹ dai caseifici riforniti (utilizzate per l'assegnazione dei premi qualità latte alle aziende) e dai rapporti estrapolati dai controlli funzionali raccolti dall'Associazione Regionale Allevatori (A.R.A.) Emilia-Romagna.

I dati raccolti sono relativi ai periodi di Gennaio - Ottobre 2022 e 2023.

3.4 Analisi effettuate

È stata attuata un'analisi quantitativa del contenuto di grasso, proteine e cellule somatiche del latte di massa.

⁹ Il prelievo dei campioni del latte di massa destinato alla produzione del Parmigiano Reggiano avviene con cadenza quindicinale, con alternanza della mungitura della sera e del mattino: dal conteggio complessivo dei punti mensili si ottengono i parametri per differenziare ed attuare un rialzo oppure una detrazione del prezzo del latte per ogni mese (Salghetti e Manghi, 2004).

Avendo a disposizione due campionamenti per mese, relativi a date diverse negli anni confrontati, i dati sono stati accorpati in modo da ottenere la media (o media mensile o andamento mensile) e poter attuare un confronto mensile.

Inoltre, per l'azienda Negri è stata effettuata un'analisi dei parametri su citati sul latte delle primipare.

4 RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 Questionario

Vengono riportate di seguito le domande somministrate ai due allevamenti ed una sintesi delle risposte.

1. Quali sono le motivazioni che vi hanno spinto a fare il cambio dal sistema tradizionale a quello automatizzato con il robot?

Da questa indagine conoscitiva per comprendere le opinioni degli allevatori sull'impatto dell'automazione negli allevamenti di bovine da latte è emerso che ciò che ha spinto l'azienda Negri ad attuare il cambio dal sistema tradizionale di mungitura a quello automatizzato è stata principalmente la mancanza e la poca affidabilità del personale. Le motivazioni dell'azienda Benassi del passaggio dal sistema di alimentazione tradizionale con il carro unifeed all'AFS sono state la flessibilità dell'orario di lavoro, il risparmio di tempo per la preparazione della razione con il conseguente aumento del tempo libero¹⁰ e la maggiore precisione di carico del robot (l'automazione rispetto all'uomo, grazie al doppio sistema di pesatura presente nella pinza e nell'unità mobile, permette di avvicinarsi molto "all'errore zero" nel carico della razione: percentuale di errore fissa al 2% che evita le continue variazioni nella dieta delle bovine, che sono la principale causa di acidosi ruminale¹¹). In particolare, ciò che ha spinto l'azienda ad attuare questo cambiamento è stata la necessità di dover sostituire il carro unifeed: alla luce dei preventivi che gli sono stati forniti, hanno potuto appurare la convenienza dell'installazione di un sistema di alimentazione automatico rispetto all'acquisto di un nuovo carro miscelatore.

¹⁰ L'allevatore Benassi impiega circa 7-8 h di lavoro per riempire la cucina che servirà come rifornimento del robot per circa 10 giorni. Invece, si impiega circa 1,5 h di lavoro al giorno per la preparazione del carro unifeed. Quindi, il risparmio di tempo è evidente.

¹¹ Lely, 2023

2. Quali sono stati i cambiamenti strutturali in stalla e quali le modifiche gestionali che avete dovuto mettere in atto per poter utilizzare il sistema automatizzato?

I cambiamenti strutturali attuati dall'azienda Negri, per permettere l'installazione e l'utilizzo del robot di mungitura nella zona adibita, sono stati il passaggio dalla lettiera permanente alle cuccette con il conseguente inserimento di un raschiatore per l'asporto delle deiezioni, un allungamento del tetto e l'inserimento del box per il sistema automatico di mungitura. Nell'azienda Benassi è stata necessaria la costruzione di una nuova struttura per la cucina, nello spazio che prima era adibito alla vitellaia (che è stata spostata), e l'inserimento delle bande metalliche nel cortile per la creazione del tragitto che viene seguito dal sistema di distribuzione degli alimenti per dirigersi verso le mangiatoie in stalla.

I cambiamenti gestionali che si sono verificati nell'azienda Negri riguardano principalmente la modifica delle mansioni del personale: infatti, non sono i mungitori di sala a seguire il robot ma l'allevatrice stessa. Nell'azienda Benassi il cambiamento principale è stato a livello della gestione della pulizia delle mangiatoie.

3. Quali sono state le maggiori difficoltà nell'adattamento all'utilizzo del robot?

4. Come vi state trovando adesso che avete un sistema automatizzato?

L'allevatrice dell'azienda Negri ha confermato che non ci sono state alcune difficoltà nell'adattamento all'utilizzo del sistema automatico di mungitura ed attualmente sono molto soddisfatti della scelta fatta al punto da aver già predisposto la struttura per l'inserimento di un secondo robot di mungitura. La maggiore difficoltà riscontrata dall'allevatore Benassi è stata quella di dover imparare a gestire la routine delle mangiatoie, dovendole mantenere sempre pulite per avere continuamente razione fresca in modo da invogliare le vacche a mangiare. Attualmente, si ritengono anche loro soddisfatti della scelta del sistema di alimentazione automatico in quanto c'è un margine di miglioramento per alleggerimento del lavoro: hanno notato che i titoli del latte sono stati costanti anche durante l'estate in quanto, grazie allo spingiforaggio, gli animali hanno a disposizione la razione sempre fresca.

5. Secondo voi, quali sono i punti di forza e di debolezza dei robot automatizzati rispetto ai sistemi tradizionali?

Rispetto alla sala di mungitura i punti di forza del sistema automatico di mungitura elencati dall'allevatrice sono molteplici: in primis la capacità del robot di staccare il singolo quarto al termine dell'eiezione di latte, la maggiore pulizia e regolarità di mungitura. Inoltre, un importante vantaggio che si ottiene dall'utilizzo del robot è la possibilità di avere un controllo preventivo grazie ai dati raccolti dal software. È stato poi messo in evidenza come in sala mungitura spesso venga utilizzata l'iniezione di ossitocina esogena per stimolare la produzione di latte mentre con il robot ciò non avviene. Di elevata importanza, inoltre, è il cambiamento del comportamento delle bovine dalla sala al robot: alcune vacche problematiche sono più tranquille durante la mungitura nel sistema automatico grazie anche alla presenza di meno rumori in stalla; ultimo aspetto importante che impatta sul comportamento delle vacche è la fretta del mungitore durante le operazioni di estrazione del latte che è totalmente assente con l'utilizzo dell'AMS.

I punti di forza del sistema automatico di alimentazione rispetto al carro unifeed sono la possibilità della distribuzione frequente della razione in piccole quantità, l'autoregolazione del robot nella preparazione dei piatti che tiene in considerazione l'avanzo presente in mangiatoia e, come già detto precedentemente, la disponibilità di foraggio sempre fresco.

Invece, i punti di debolezza rilevati durante l'utilizzo del sistema automatico di mungitura rispetto alla sala di mungitura sono l'impossibilità di sfruttare appieno le ore di funzionamento del robot a causa dei blocchi imposti dal Consorzio del Parmigiano Reggiano: infatti, l'azienda può tenere acceso l'AMS solo per 14 ore rispetto alle 21 ore potenziali in quanto la mungitura può iniziare entro sette ore dal ritiro del latte. Un problema segnalato dall'allevatrice è, inoltre, che non avendo in azienda un generatore di corrente, in caso di interruzione elettrica durante la sera e in assenza di personale il robot smette di funzionare (invia un segnale di allerta sullo smartphone in modo da poter ripristinare il prima possibile il macchinario). Un'ulteriore problema è l'impossibilità di scegliere l'ordine di mungitura delle vacche come, invece, avviene in sala di mungitura (dove, ad esempio, le bovine con *S. aureus* vengono munte alla fine). L'ultimo punto di debolezza elencato è che devono essere selezionate solo le vacche con mammelle idonee al robot (loro attualmente

hanno scelto principalmente primipare e secondipare) e le vacche con problemi podali vengono escluse a causa della difficoltà di entrata autonoma nel robot.

I punti di debolezza del sistema automatico di alimentazione sono la necessità di dover pulire più spesso le mangiatoie rispetto ad una volta sola la sera quando viene utilizzato il carro unifeed ed il dover riempire la cucina dopo aver effettuato una pre-trinciatura con il carro unifeed; in particolare, si viene a generare una maggiore quantità di polvere in quanto viene macinato solo fieno rispetto al carro dove vengono aggiunte anche le farine.

6. Qual è stato l'impatto a livello produttivo (quantità e qualità del latte) e del benessere animale?

Nell'azienda Negri, l'impatto a livello produttivo è stato positivo in quanto c'è stato un aumento della produzione di latte nelle vacche munte con il robot di circa 5 litri/capo/giorno in media. C'è stato, per di più, un aumento consequenziale del benessere animale verificato dall'assenza di mastiti dall'inizio dell'utilizzo del robot, grazie alle informazioni raccolte in tempo reale durante la mungitura che permettono di poter individuare precocemente - con maggiore probabilità di successo della terapia - potenziali infiammazioni e, più in generale, alla maggiore tranquillità delle vacche.

Nell'azienda Benassi, dopo l'introduzione dell'AFS, non hanno riscontrato un aumento della quantità prodotta di latte, ma un miglioramento della qualità (grasso, proteine). Il benessere animale è aumentato in quanto le bovine sono più tranquille, hanno maggiore possibilità di accesso al cibo e, quindi, è stata riscontrata una diminuzione dei comportamenti aggressivi per raggiungere la mangiatoia che, invece, si verificavano al passaggio del carro unifeed. Inoltre, i casi di acidosi sono diminuiti e le feci sono più digerite (cosa che è stata riscontrata già dopo una settimana dall'utilizzo dell'AFS).

7. Da quando è stato installato il sistema automatizzato, il carico di lavoro com'è cambiato? Si è ridotto?

Nell'azienda Negri da quando è stato installato il sistema di mungitura automatizzato gli orari di lavoro si sono ridotti insieme al numero di personale presente in sala di mungitura (da 3 persone ad 1 persona, in quanto il numero di animali da mungere in maniera convenzionale si è ridotto); il carico di lavoro si è ridotto in quanto sono cambiate le

mansioni del personale. Il carico di lavoro nell'azienda Benassi si è ridotto da quando è stato inserito il sistema automatico. Gli operatori non hanno più vincoli di orari quotidiani: il lavoro per la preparazione della cucina occupa 1 giorno e mezzo ogni 10 giorni.

8. Avete riscontrato difficoltà nell'utilizzo del software gestionale e la gestione dei dati raccolti?

L'allevatrice Negri ha dichiarato di non aver riscontrato alcuna difficoltà nell'utilizzo del software gestionale e nella gestione dei dati raccolti; anzi, ha affermato che l'utilizzo del software è molto intuitivo, anche se c'è stata la necessità di un'adeguata formazione per il corretto utilizzo dell'AMS e tutt'ora, a volte, richiede un aiuto alla ditta per il suo adeguato utilizzo. Anche l'allevatore Benassi non ha riscontrato difficoltà ed ha trovato il software semplice ed intuitivo; in azienda hanno eseguito alcuni incontri con la ditta installatrice in cui è stato descritto in modo chiaro e comprensibile il funzionamento dell'AFS.

10. Nel periodo di transizione sono state registrate variazioni a livello produttivo (calo)?

Un leggero calo di produzione di latte è stato registrato nel periodo di transizione dal sistema tradizionale di mungitura in sala a quello automatizzato con il robot a causa dell'adattamento degli animali, ma è durato pochi giorni, al termine dei quali si è registrato un immediato rialzo. Anche nell'azienda Benassi nei primi giorni dopo aver installato il sistema automatico di alimentazione è stato riscontrato un calo di ingestione e di produzione di latte dovuto all'adattamento dell'utilizzo del nuovo macchinario.

11. Quanto tempo è stato necessario per l'installazione e la messa a regime del sistema automatizzato?

Per l'installazione e la messa a regime del sistema automatico di mungitura nell'azienda Negri sono stati necessari 5 mesi, comprendendo anche il periodo durante il quale sono stati attuati i lavori strutturali, iniziati ad aprile. Nell'azienda Benassi sono stati necessari circa 8 mesi, comprendendo anche il periodo durante il quale sono stati attuati i lavori di costruzione della cucina.

Per entrambe le aziende c'è stato un ritardo di circa 1 mese nella consegna dei macchinari da parte della ditta produttrice.

12. Con il nuovo sistema di somministrazione dell'alimento, è stata necessaria una modificazione della razione?

Nell'azienda Benassi l'unica modificazione della razione necessaria dopo l'introduzione del nuovo sistema automatico di alimentazione è stato un minimo aumento dell'acqua con un cambio del taglio del foraggio da corto a più lungo.

4.2 Azienda Negri

Di seguito vengono riportati i dati relativi all'azienda Negri.

In tabella 3 e 4 sono riassunti il contenuto di grasso, proteine totali e cellule somatiche del latte di massa relativi agli anni 2022 e 2023.

Mese prelievo	Grasso (% p/p)	Proteine totali (% p/p)	Cellule somatiche (x ml)
Gennaio	4,03	3,50	99.000
Febbraio	3,96	3,36	160.000
Marzo	3,60	3,39	133.000
Aprile	3,75	3,21	170.500
Maggio	3,49	3,21	98.500
Giugno	3,50	3,15	179.000
Luglio	3,66	3,20	198.000
Agosto	3,67	3,18	166.000
Settembre	3,68	3,36	162.000
Ottobre	4,07	3,35	166.500

Tab. 3 - Analisi caseificio 2022 azienda Negri

Mese prelievo	Grasso (% p/p)	Proteine totali (% p/p)	Cellule somatiche (x ml)
Gennaio	3,96	3,41	167.000
Febbraio	3,95	3,495	117.000
Marzo	3,95	3,46	178.500
Aprile	3,86	3,42	192.000
Maggio	3,72	3,36	164.500
Giugno	3,77	3,33	168.500
Luglio	3,69	3,325	191.000
Agosto	3,72	3,31	143.500
Settembre	3,66	3,4	152.000
Ottobre	3,79	3,52	141.000

Tab. 4 - Analisi caseificio 2023 azienda Negri

(La linea rossa indica l'inserimento dell'AMS in azienda)

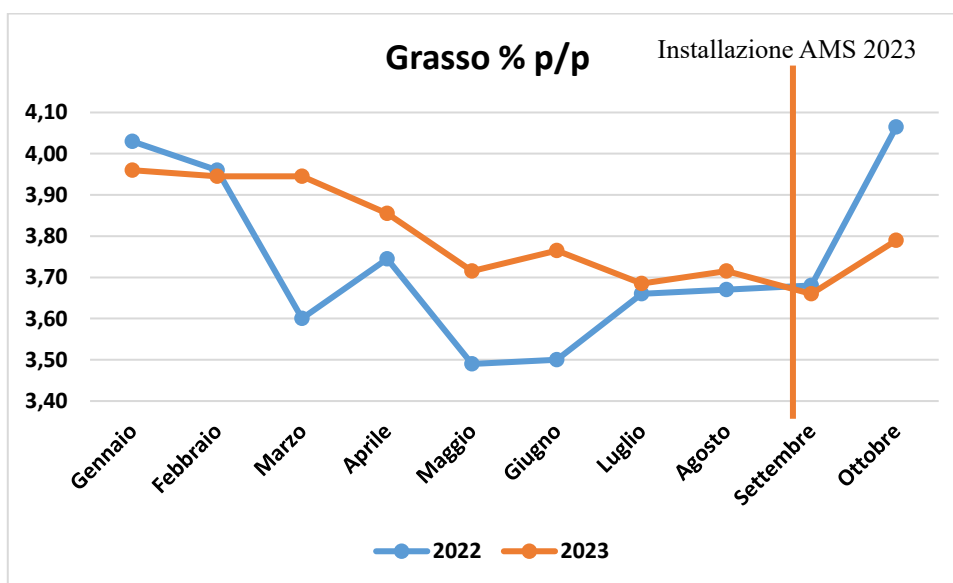


Grafico 1 - Andamento del contenuto di grasso del latte di massa dell'azienda Negri

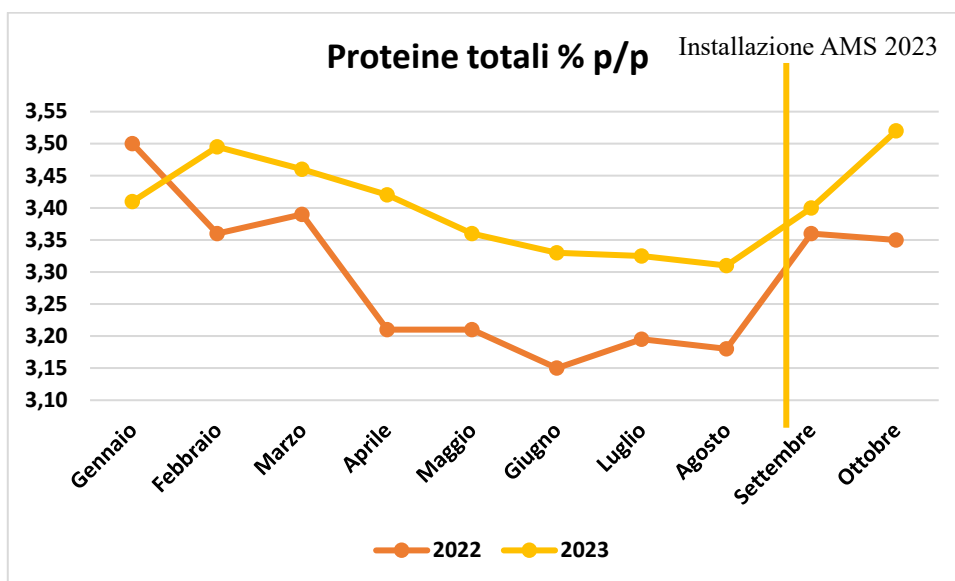


Grafico 2 - Andamento del contenuto di proteine totali del latte di massa dell'azienda Negri

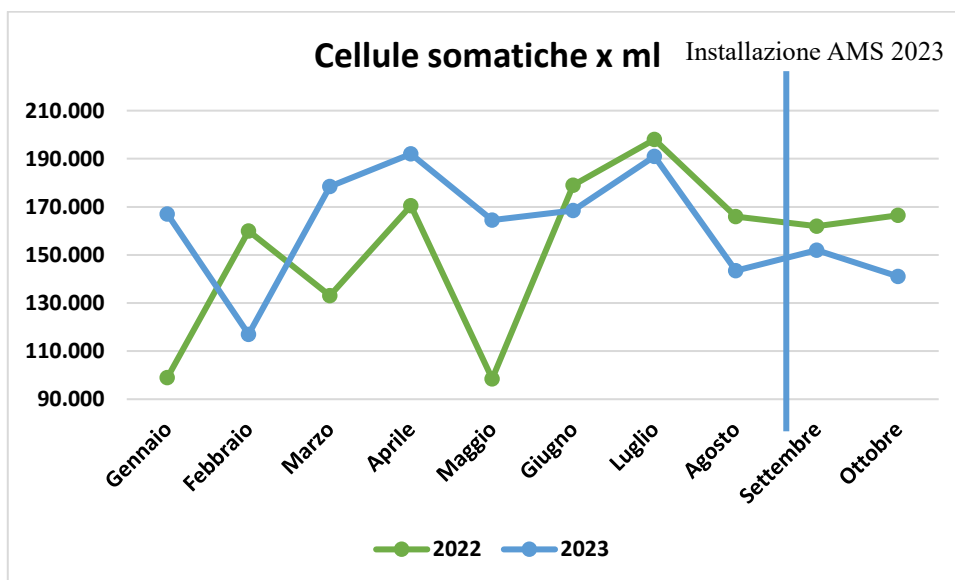


Grafico 3 - Andamento del contenuto di cellule somatiche del latte di massa dell'azienda Negri

Dai dati riassunti in tabella 3 e 4 emerge che, confrontando l'andamento del contenuto di grasso, nel 2023 rispetto al 2022 c'è stato un aumento generale durante tutto l'anno ma non significativo dal mese di Settembre in cui è stato installato l'AMS in azienda.

Invece, il contenuto di proteine si presenta significativamente maggiore in tutto il 2023 rispetto al 2022 ed in particolare si evidenzia un andamento crescente dal mese di Settembre 2023 in cui è stato introdotto l'AMS.

Confrontando il contenuto di cellule somatiche del 2022 e del 2023, si osserva che per i primi 6 mesi è presente un maggiore contenuto di cellule somatiche nel 2023 mentre a partire dai mesi estivi c'è stato un cambio di rotta che ha visto un aumento del contenuto di cellule somatiche nel 2022 rispetto ad una riduzione nel 2023, il cui calo è continuato anche dopo l'installazione del sistema automatico di mungitura.

Dai controlli funzionali è stato possibile attuare un'analisi della produzione media di latte per capo in lattazione.

Controllo	Sog. Pres.	Sog. Contr.	Media prod. Eff. (kg/d)	% grasso	% proteine	n° medio latt.	gg medi lattaz.
1°	172	141	33,36	3,78	3,41	2,48	167
2°	175	141	33,73	3,57	3,39	2,53	170
3°	179	154	35,80	3,96	3,26	2,51	148
4°	178	151	37,65	3,55	3,20	2,54	155
5°	177	153	35,58	3,34	3,19	2,56	156
6°	168	149	36,36	3,53	3,33	2,63	156
7°	161	135	34,07	3,57	3,31	2,54	171
8°	162	136	33,95	3,85	3,50	2,59	176

Tab. 5 - Controlli A.R.A. 2022 azienda Negri

Controllo	Sog. pres.	Sog. contr.	Media prod. Eff. (kg/d)	% grasso	% proteine	n° medio latt.	gg medi lattaz.
1°	149	120	34,67	3,92	3,49	2,52	175
2°	151	120	34,02	4,00	3,51	2,49	169
3°	151	125	35,31	3,98	3,45	2,55	154
4°	151	126	37,50	3,66	3,28	2,62	159
5°	152	130	36,94	3,71	3,37	2,62	159
6°	154	130	34,92	3,49	3,30	2,60	161
7°	152	137	32,02	3,76	3,37	2,45	162
8°	152	129	34,21	3,71	3,48	2,44	171

Tab. 6 - Controlli A.R.A. 2023 azienda Negri

(La linea rossa indica l'inserimento dell'AMS in azienda)

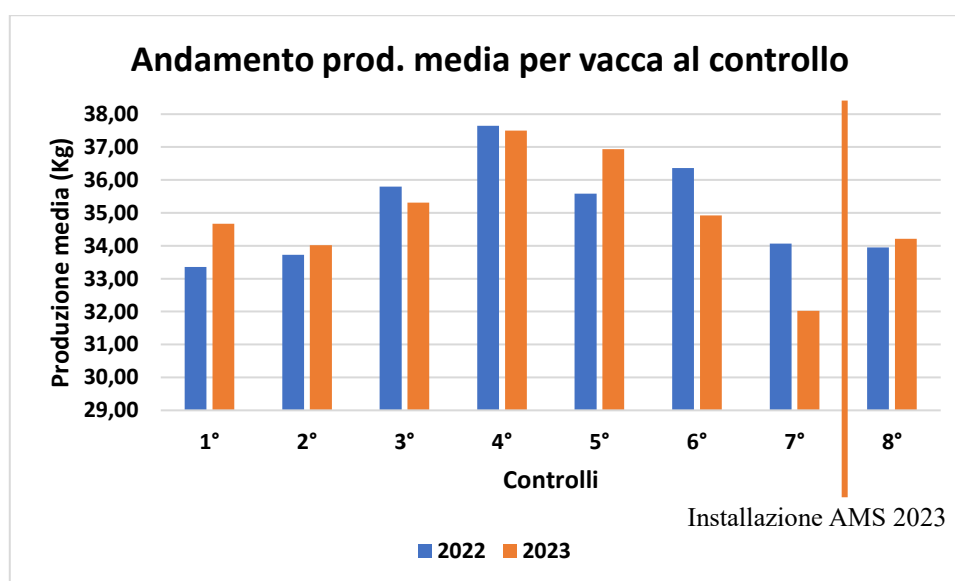


Grafico 4 - Andamento produzione media per vacca al controllo nell'azienda Negri

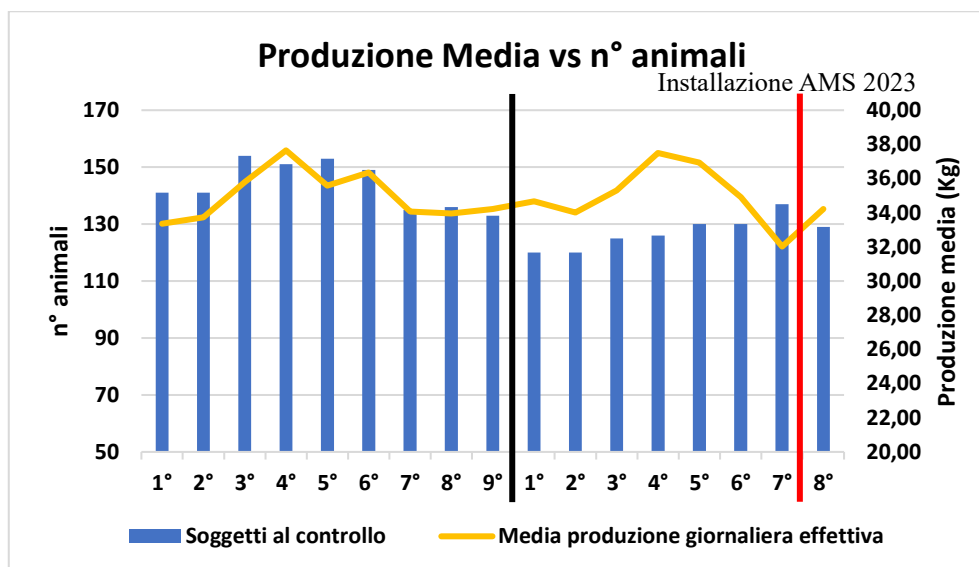


Grafico 5 - Produzione media per numero di animali dell'azienda Negri

Nell'azienda Negri, in generale, la produzione media di latte per vacca nel 2023 è stata maggiore rispetto a quella dell'anno precedente, seppur con un numero di animali minore.

Il 6° e 7° controllo del 2023 sono avvenuti nel pieno periodo estivo, in cui si evidenzia una diminuzione della produzione di latte; ma dall'8° controllo, che coincide con il periodo successivo all'installazione dell'AMS in azienda, si può notare già un rialzo della ripresa della produzione.

Un ulteriore confronto effettuato nell'azienda Negri è stato quello della produzione delle primipare fresche (fino al 175° giorno di lattazione) del controllo di Ottobre 2022, che erano state munte in sala tradizionale, con la produzione delle primipare fresche (fino al 175° giorno di lattazione) del controllo di Ottobre 2023, munte con il sistema di mungitura automatico.

2022		
PARTO	DIM	PROD. (Kg)
1	11	31
1	17	30,5
1	28	33,8
1	42	29,3
1	65	31,3
1	79	33,6
1	82	26,4
1	83	29,8
1	93	29
1	97	26,8
1	109	33,2
1	128	34,5
1	145	34,7
1	149	28,8
1	152	27,9
1	175	29,5

2022	Media gg	Media prod. (Kg)
16 primipare	90,94	30,63

Tab. 7 - Giorni lattazione e produzione 2022 primipare azienda Negri

2023 robot		
PARTO	DIM	PROD. (Kg)
1	127	43
1	88	31,2
1	57	30,4
1	32	25,2
1	102	30
1	174	36
1	37	38,2
1	55	36,4
1	72	34,4
1	132	28
1	97	36
1	41	11,2
1	89	36
1	70	39
1	85	39
1	55	45
1	96	41
1	77	31
1	135	41,2
1	117	41,2
1	158	36

2023	Media gg	Media prod. (Kg)
21 primipare	90,29	34,73

Tab. 8 - Giorni lattazione e produzione 2023 primipare munte nel robot azienda Negri

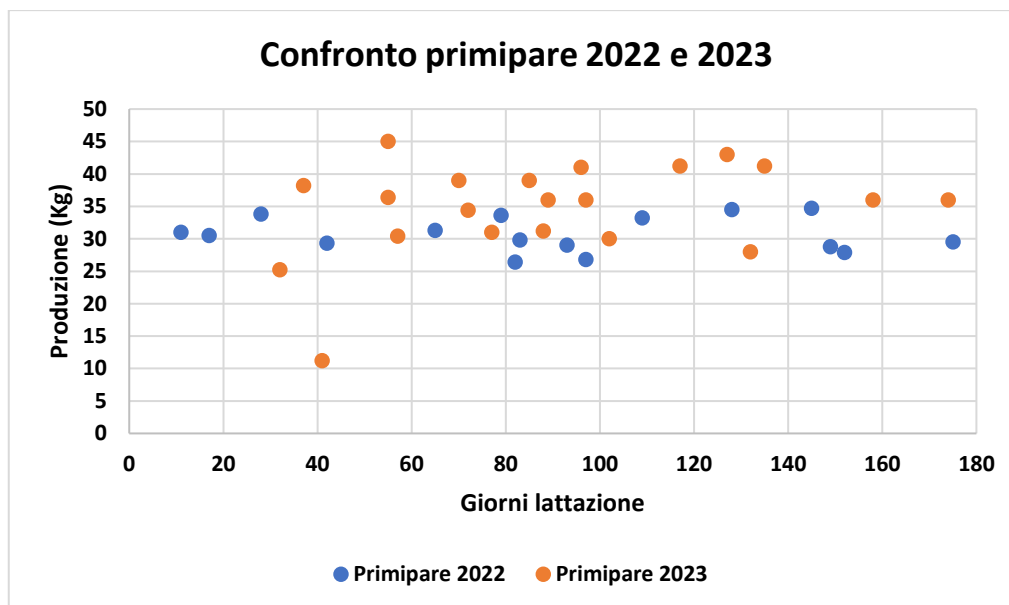


Grafico 6 - Confronto produzione primipare azienda Negri

Dal confronto con le primipare munte l'anno precedente in sala tradizionale, si nota che, nonostante entrambi i gruppi presentino circa 90 giorni medi di lattazione, le primipare munte con l'AMS hanno prodotto in media 34,73 litri: è presente un delta di produzione di circa 4 litri in più rispetto al 2022.

Inoltre, dai dati estrapolati dai controlli funzionali raccolti dalla A.R.A.E.R. è stato possibile fare un'analisi dell'andamento delle cellule somatiche sul latte di mandria e delle primipare negli anni 2022 e 2023.

Mese	Mandria	Primipare
gen-22	115	69
mar-22	133	68
lug-22	237	187
ago-22	240	118
set-22	194	121
set-22	194	121
nov-22	156	189
dic-22	345	354

Mese	Mandria	Primipare
gen-23	139	142
feb-23	169	129
apr-23	168	207
mag-23	165	200
giu-23	284	63
lug-23	202	110
ago-23	307	230
ott-23	208	78

Tab. 9 e 10 - Andamento contenuto cellule somatiche (x 1000 x ml) sul latte di mandria e di primipare negli anni 2022 (a sx) e 2023 (a dx) dell'azienda Negri

(La linea rossa indica l'inserimento dell'AMS in azienda)

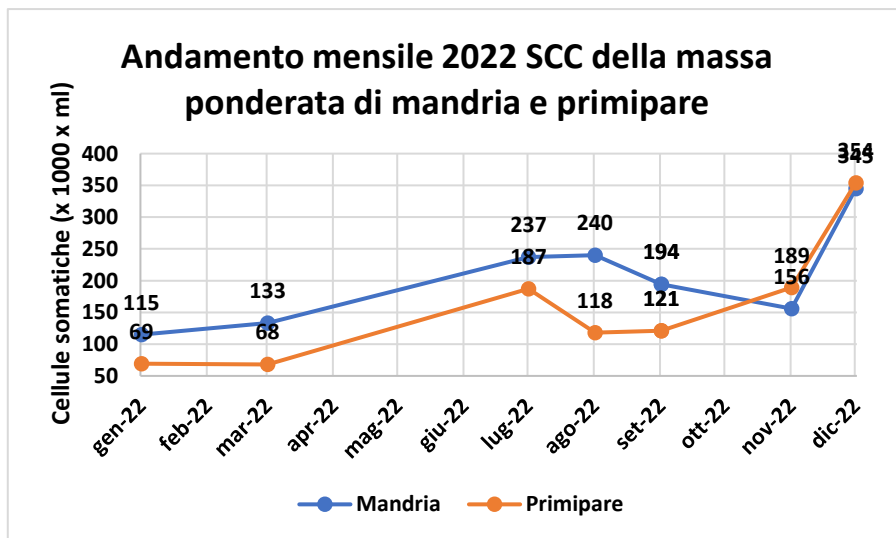


Grafico 7 - Andamento mensile 2022 delle cellule somatiche (SCC) della massa ponderata della mandria e delle primipare dell'azienda Negri

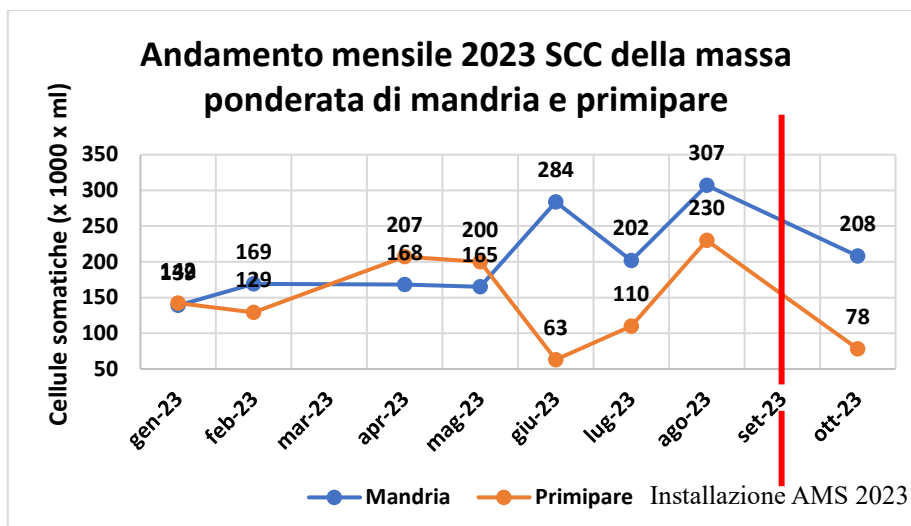


Grafico 8 - Andamento mensile 2023 delle cellule somatiche (SCC) della massa ponderata della mandria e delle primipare dell'azienda Negri

In entrambe le annate si riscontrano due andamenti crescenti delle cellule somatiche verso i mesi estivi sia della massa ponderata di mandria che di primipare, probabilmente dovuti alle condizioni climatiche eccessive, con una successiva riduzione ed un rialzo finale nell'anno 2022.

Invece, rispetto all'anno 2022 ed all'anno in corso stesso, le cellule somatiche dal mese di introduzione del sistema di mungitura automatico si sono ridotte significativamente sul latte delle primipare.

4.3 Azienda Benassi

Di seguito vengono, invece, riportati i dati del caseificio ed A.R.A.E.R. relativi all'azienda Benassi.

In tabella 11 e 12 sono riassunti il contenuto di grasso, proteine totali e cellule somatiche del latte di massa relativi agli anni 2022 e 2023.

Mese prelievo	Grasso (g/100g)	Proteine (g/100g)	Cellule somatiche (x ml)
Gennaio	3,80	3,39	189.500
Febbraio	3,75	3,32	188.500
Marzo	3,65	3,30	159.500
Aprile	3,83	3,28	182.000
Maggio	3,35	3,23	170.000
Giugno	3,40	3,26	217.000
Luglio	3,50	3,26	209.000
Agosto	3,61	3,34	256.000
Settembre	3,78	3,39	260.333
Ottobre	3,56	3,37	203.000

Tab. 11 - Analisi caseificio 2022 azienda Benassi

Mese prelievo	Grasso (g/100g)	Proteine (g/100g)	Cellule somatiche (x ml)
Gennaio	3,79	3,49	207.000
Febbraio	3,89	3,50	140.500
Marzo	3,78	3,45	200.000
Aprile	3,64	3,48	241.500
Maggio	3,61	3,36	172.000
Giugno	3,69	3,41	237.000
Luglio	3,77	3,31	161.000
Agosto	3,62	3,45	219.500
Settembre	3,78	3,51	338.000
Ottobre	3,87	3,52	198.000

Tab. 12 - Analisi caseificio 2023 azienda Benassi

(La linea rossa indica l'inserimento dell'AFS in azienda)

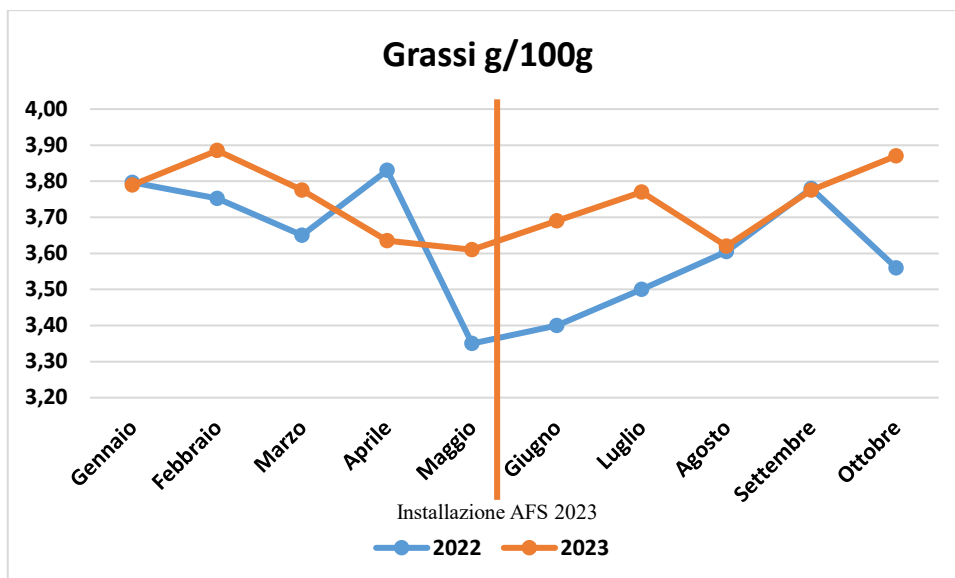


Grafico 9 - Andamento del contenuto di grasso del latte di massa dell'azienda Benassi

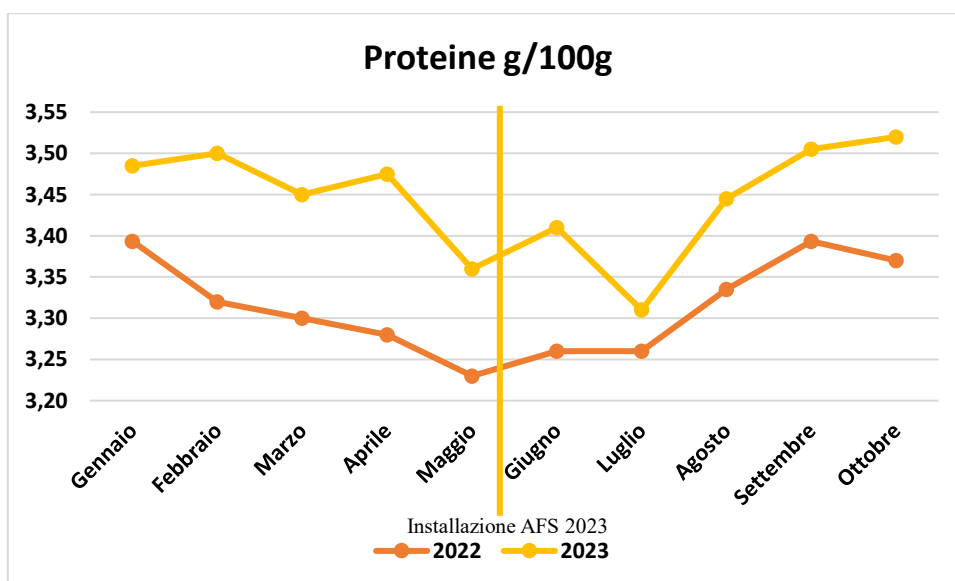


Grafico 10 - Andamento del contenuto di proteine del latte di massa dell'azienda Benassi

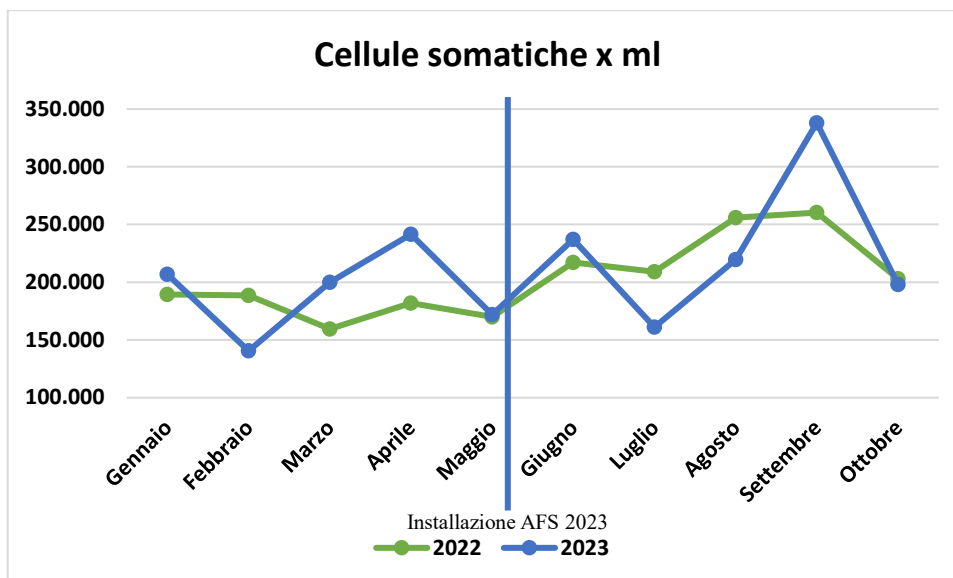


Grafico 11 - Andamento del contenuto di cellule somatiche del latte di massa dell'azienda Benassi

Dai dati elaborati emerge che, confrontando il contenuto di grasso, nel 2023, rispetto al 2022, c'è stato un andamento costante durante tutto l'anno: a differenza dei mesi estivi del 2022, da Giugno 2023, momento in cui è stato installato l'AFS in azienda, i valori non sono crollati; grazie allo scarico continuo ed al sistema di spingiforaggio gli animali hanno continuato a mangiare anche di notte (ore in cui le temperature calano e le vacche sono maggiormente invogliate ad alimentarsi) con cibo sempre fresco a disposizione.

Per quanto riguarda il contenuto di proteine, in tutto il 2023 c'è stato un miglioramento generale dei valori rispetto a quelli del 2022, dovuto alla variabilità delle materie prime ma, in particolare, facendo un confronto tra il periodo antecedente l'AFS e quello successivo si evidenziano delle variazioni: dopo un primo calo, l'andamento è in continuo aumento.

Infine, dall'osservazione del contenuto di cellule somatiche del 2022 e del 2023, non si notano correlazioni significative tra i due anni, neanche dopo l'installazione del sistema di alimentazione automatico.

Anche in questo caso, dai controlli funzionali è stato possibile attuare un'analisi della produzione media di latte per capo in lattazione.

Controllo	Sog. pres.	Sog. contr.	Media prod. Eff. (kg/d)	% grasso	% proteine	n° medio latt.	gg medi lattaz.
1°	244	213	34,60	3,87	3,33	2,24	162
2°	231	197	35,25	3,77	3,34	2,24	169
3°	235	204	36,01	3,27	3,27	2,23	176
4°	234	194	37,55	3,44	3,27	2,27	183
5°	239	204	34,09	3,54	3,33	2,26	186
6°	231	198	31,08	3,77	3,39	2,33	190
7°	221	185	33,00	3,75	3,39	2,35	184
8°	215	174	33,80	3,84	3,56	2,41	190

Tab. 13 - Controlli A.R.A. 2022 azienda Benassi

Controllo	Sog. pres.	Sog. contr.	Media prod. Eff. (kg/d)	% grasso	% proteine	n° medio latt.	gg medi lattaz.
1°	218	194	34,73	3,74	3,48	2,41	186
2°	221	204	33,80	3,85	3,54	2,42	191
3°	225	193	35,40	3,66	3,39	2,38	194
4°	231	201	33,80	4,00	3,46	2,35	189
5°	228	195	35,16	3,62	3,40	2,40	196
6°	238	205	33,43	3,54	3,44	2,37	201
7°	235	205	30,11	3,68	3,40	2,40	207
8°	221	174	31,59	3,81	3,57	2,39	188

Tab. 14 - Controlli A.R.A. 2023 azienda Benassi

(La linea rossa indica l'inserimento dell'AFS in azienda)

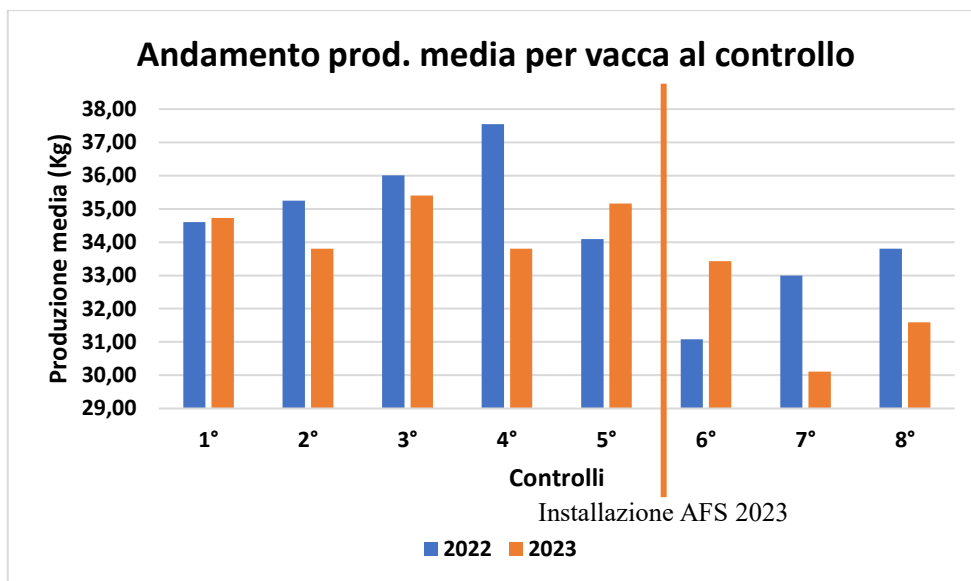


Grafico 12 - Andamento produzione media per vacca al controllo nell'azienda Benassi

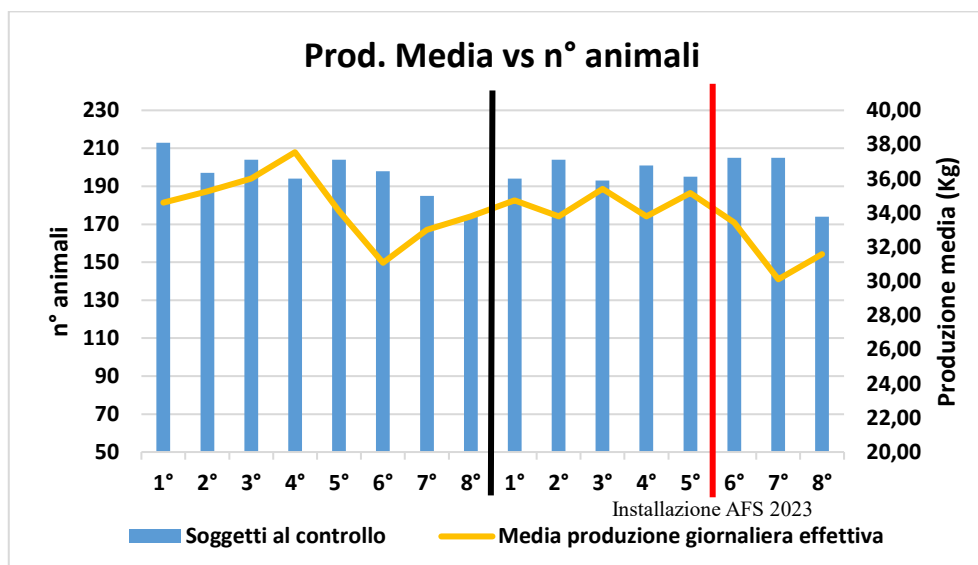


Grafico 13 - Produzione media per numero di animali dell'azienda Benassi

Nell'azienda Benassi la produzione media di latte per vacca nel 2023, per la maggior parte dei controlli, si presenta minore rispetto a quella dell'anno precedente, nonostante il numero di animali sia rimasto perlopiù invariato.

Non si evidenziano, quindi, neanche dei cambiamenti significativi in coincidenza con l'installazione dell'AFS in azienda.

5 CONCLUSIONI

Lo scopo del presente lavoro di tesi era quello di effettuare un'analisi dell'impatto della zootecnia di precisione sulla gestione di allevamenti di bovini da latte, riportando ad esempio alcune tecnologie installate in due aziende situate nel Parmense, un sistema di mungitura automatico ed un sistema di alimentazione automatico.

Le risposte ottenute dalla somministrazione del questionario ed i risultati ottenuti dal lavoro di raccolta dati presso le aziende agricole Negri e Benassi hanno permesso di evidenziare i numerosi cambiamenti riscontrati successivamente all'introduzione del sistema automatico in allevamento, pur tenendo conto della necessità di dover rispettare quanto indicato dal Disciplinare di Produzione vigente del Parmigiano Reggiano DOP.

Nel complesso è possibile sostenere che, nonostante i lavori ed i cambiamenti strutturali che sono stati attuati in entrambe le aziende per permettere l'installazione di queste nuove tecnologie, sono emersi i numerosi miglioramenti ottenuti sia in termini gestionali che produttivi, i quali incrementano una conduzione diligente ed efficace dell'azienda e che hanno reso i proprietari soddisfatti della loro scelta. La riduzione delle ore di lavoro ed il cambiamento delle mansioni, resi possibili dall'introduzione del sistema automatico, consentono agli allevatori di potersi dedicare con maggiore attenzione ad altre questioni aziendali.

Nel particolare, l'indagine effettuata ha consentito di evidenziare come i punti di forza a favore dell'installazione di una nuova tecnologia siano decisamente maggiori dei punti deboli notati rispetto all'uso di sistemi tradizionali convenzionalmente utilizzati nelle aziende di bovini da latte.

È possibile affermare, inoltre, che in entrambi gli allevamenti è stato ottenuto un effetto positivo anche sul benessere animale: questo è stato riscontrato attraverso il minor numero di infezioni mammarie ed il ridotto contenuto di cellule somatiche nel latte delle vacche in mungitura con il robot e dalla diminuzione di acidosi ruminali nelle vacche alimentate con l'AFS, oltre che ad un visibile cambiamento del comportamento animale più tranquillo.

Infine, dall'analisi dei dati riguardanti la produzione si è evinto che, nonostante i primi giorni dopo l'installazione dei sistemi automatici si sia verificato un calo, a detta degli allevatori,

dovuto all'adattamento nel loro utilizzo, l'impatto è stato positivo sia in termini quantitativi che in termini di contenuto di grasso e proteine.

Questo lavoro ha, quindi, rivelato come i risultati ottenuti in un periodo di tempo relativamente breve siano promettenti ed incoraggiano ad effettuare ulteriori verifiche a lungo termine per permettere un'analisi più oggettiva ed approfondita, anche dal punto di vista della convenienza economica.

BIBLIOGRAFIA

Abeni F., Galli A., “La zootecnia di precisione: una opportunità per una produzione animale etica e sostenibile”, *Agriregionieuropa* anno 14 n°53, Giugno 2018.

Berckmans D., “*Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems*”, *Rev. Sci. Tech.* 33, pp. 189–196, 2014.

Bietresato M., Mazzetto F. “Meccanica agraria e zootecnia: mungitura robotizzata, analisi dei consumi energetici”, *La meccanica agraria oggi*, pp. 223-230, 2017.

Bisaglia C., Belle Z., Van Den Berg G., Pompe J. C.A.M., “Unifeed, carri miscelatori e sistemi automatici”, *L’Informatore Agrario*, nr. 38/2012, pp. 56-60, 2012.

Bisaglia C., Borciani M., Brambilla M., Calcante A., Cutini M., Gastaldo M., Giovinazzo S., Lazzari A., Motta A., Rossi P., Tangorra F.M., “I sistemi automatici di alimentazione nell’allevamento bovino: linee guida dal progetto AUTOFEED”, 2023.

Bisaglia C., Brambilla M., “Automazione in stalla, non solo profitto”, *Terraevita*, 2018.

Brambilla M., Giovinazzo S., Lazzari A., Rossi P., Calcante A., Tangorra F.M., Soffiantini S., De Roest K., Brugna E., Bettoni A., Dellabona L., Giusti G., Ceriani C., Nodari M., Bisaglia C., “Fiera Internazionale del Bovino da Latte: il G.O. Autofeed presenta le attività”, 2021.

Calcante A., “I robot di mungitura”, *Mondo macchina/Machinery World*, nr. 2, febbraio 2022

Calcante A., “Sistemi automatici per l’alimentazione dei bovini”, 2021.

Da Borso F., Chiumenti A., Sigura M., Pezzuolo A., “*Influence of automatic feeding systems on design and management of dairy farms. Journal of Agricultural Engineering*”, nr. 48 (Special Issue1), 2017.

Danioni B., “Tecnologie innovative per garantire il benessere animale nell’allevamento del bovino da latte”, tesi di laurea, Università degli Studi di Parma - Corso di Laurea in Scienze Zootecniche e Tecnologie delle Produzioni Animali, a.a. 2019-2020.

Disciplinare di Produzione del formaggio “Parmigiano Reggiano DOP”, vigente dal 30/03/18.

Fantini A., “Unifeed e robot: come trovare l’equilibrio”, *Ruminantia*, nr. 7, 2018.

Formaggioni P., Malacarne M., Franceschi P., Summer A., “Influenza del management e dell'alimentazione animale sulla resa in formaggio Parmigiano Reggiano e Grana Padano: una mini review”, *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia* / Vol 70, n.1, pp. 16 - 20, 2020.

Halachmi I., Guarino M., Bewley J., Pastell M., “*Smart Animal Agriculture: Application of Real-Time Sensors to Improve Animal Well-Being and Production*”, *Annual Review of Animal Bioscience*, 7:403-25, 2019.

Harms J., Wndl G., Schon H., “*Cattle traffic management with automatic milking systems, the influence of milking frequency and number of fetched cows*”, *Landtechnik*, nr. 4, pp. 254-256, 2001.

Lazzari A., Giovinazzo S., Cutini M., “I sistemi automatici per l'unifeed: le soluzioni tecnologiche”, 2023.

Lely, “Gestione dell'allevamento robotizzato”, 2022.

Lely, “Manuale dell'operatore”, 2023.

Marin I., “L'uso del Robot di Mungitura negli allevamenti di bovine da latte”, tesi di laurea, Università degli studi di Padova, Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Animali, a.a. 2013-2014.

Mattiaccio M., “Alimentazione unifeed, la tecnologia riduce al minimo tempi e costi”, *Informatore Zootecnico*, 2019.

Pazzona A., Chessa G., “Il ruolo dei sensori nella zootecnia di precisione per il benessere animale e la sostenibilità ambientale”. *Georgofili: atti dell'Accademia dei Georgofili: Serie VIII, Vol. 12, Tomo II*, pp. 210-233, 2017.

Pessina D., “Il robot di mungitura e la stalla automatizzata”, *Mondo macchina/Machinery World*, nr. 12, Dicembre 2017.

Pirlo G., Abeni F., Calza F., Cappelletti M., Lolli S., Migliorati S., Speroni M., “L'esperienza nell'azienda Porcellasco: aspetti gestionali e produttivi”, in: *Mungitura robotizzata: esperienze operative, salute della mammella e qualità del latte. Quaderno della ricerca della Regione Lombardia*, 27. 2004.

Ronchi B., Savoini G., Tralbalza Marinucci M., “Manuale di nutrizione dei ruminanti da latte”, pp. 368-374, Edises, 2020.

Rossi P, Motta A., “*Automatic Milking System: costi, tempi di realizzazione e risultati – Quando il robot di mungitura diventa una valida alternativa*”, *L’Informatore Agrario* 20/2020, pp. 14-17, 2020.

Rossi P., “Aspetti tecnici ed economici per l’inserimento in stalla di un AFS”, 2021.

Rossi P., “L’importanza della mungitura automatizzata negli allevamenti”, pp. 9, 2016.

Rossi P., Brambilla M., Giovinazzo S., Lazzari A., Bisaglia C., “Inserire in stalla i sistemi automatici di alimentazione”, *Informatore Zootecnico*, 13/2021: pp. 39-45; 2021.

Rossi P., Motta A., Summer A., Franceschi P., Malacarne M., Grazia L., Coloretto F., Bortolazzo E., Garavaldi A., Musi V., “Piano di Innovazione TICAS – L’impatto delle tecnologie innovative sulla caseificazione del Parmigiano Reggiano”, Dicembre 2020.

Rumi S., “Gestione Aziendale – Mungitura robotizzata”, *Informatore Zootecnico* 16, pp. 40-42, 2013.

Salghetti A, Manghi E., “Zootecnia biologica, Parmigiano Reggiano e unifeed: aspetti economici e qualitativi nella produzione di latte”, *Annale Facoltà di Medicina Veterinaria di Parma*, Vol. XXIV, pp. 345-367, 2004.

Sangiorgi F., Zanini L., Zecconi A., “Bovine da latte, sistemi di mungitura. Manuale pratico per la scelta, la progettazione, la gestione e la manutenzione”, Verona: Edizioni L’informatore Agrario s.r.l., 2014.

Tangorra F.M., Calcante A., “La tecnica unifeed: una procedura chiave nella moderna zootecnia”, 2023.

Tindara Spadaro R., “L’impiego del robot di mungitura nell’area del Parmigiano Reggiano: caratterizzazione chimica, microbiologica e tecnologica del latte”, tesi di laurea, Università degli studi di Modena e Reggio Emilia, Corso di Laurea Magistrale in Controllo e Sicurezza degli Alimenti, a.a. 2018-2019.

Tullo E., Finzi A., & Guarino M., “*Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy*”, *Science of the total environment*, 650, 2751-2760, 2019.

Vignone O., Di Felice M., “Evoluzione dei sistemi di mungitura”, *Ruminantia*, 2017.

Zucchi G., Broekman A., Zappavigna P., Francari D., “Robot di mungitura: aspetti socio-economici”, in: Mungitura robotizzata: esperienze operative, salute della mammella e qualità del latte. Quaderno della ricerca della Regione Lombardia, 27. 2004.

SITOGRAFIA

<https://www.agricoltura.regione.emilia-romagna.it>

<https://www.autofeed.crea.gov.it>

<https://www.digital-strategy.ec.europa.eu/it/policies/digitalisation-agriculture>

<https://www.enneeffe.com>

<https://www.lely.com/it/soluzioni/alimentazione/vector>

<https://www.lely.com/it/soluzioni/mungitura/astronaut-a5>